

中广核江门川岛一海上风电项目  
海域使用论证报告书  
(公示稿)

广东海兰图环境技术研究有限公司  
统一社会信用代码: 91440101MA59KQLF0D

二〇二三年十二月

委托单位：中广核风电有限公司

论证单位：广东海兰图环境技术研究有限公司

单位法人：吕建海

技术负责人：冉娟

项目负责人：李舒敏

### 报告编写分工

姓名	从事专业	本项论证职责	签名
李舒敏	环境工程	第1章概述、第2章项目用海基本情况、第7章项目用海合理性分析、第9章结论	李舒敏
郑茜元	环境科学	第3章项目所在海域概况	郑茜元
詹凤娉	海洋生物学	第4章资源生态影响分析、第5章海域开发利用协调分析	詹凤娉
姜惠吟	环境工程	第6章国土空间规划符合性分析、第8章生态用海对策措施	姜惠吟
张均雪	测绘工程	图件绘制及加工	张均雪

本单位符合海域使用论证有关管理规定对编制主体的要求，相关信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密，如隐瞒有关情况或者提供虚假材料的，愿意承担相应的法律责任。愿意接受相应的信用监管，如发生相关失信行为，愿意接受相应的失信行为约束措施。

承诺主体(公章):

2023年12月6日



# 关于《中广核江门川岛一海上风电项目海域使用论证报告书》公示删减内容及理由的说明

根据《自然资源部关于规范海域使用论证材料编制的通知》(自然资规(2021)1号)相关要求,我司对《中广核江门川岛一海上风电项目海域使用论证报告书》予以公示。

在报告中,部分相关水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料、所在海域水深资料、地质勘察资料等涉及第三方技术秘密及商业秘密,信息不能全文公开,制作去除上述信息的论证报告公开版,进行公示。现将删除处理内容说明如下:

1.删除处理相关基础材料的编制单位信息。

原因:影响第三方商业秘密。

2.删除处理部分水文环境现状调查资料、海洋环境现状调查资料及生物种类名录、现场踏勘记录。

原因:此部分内容涉及监测单位和委托单位的商业秘密。

3.删除项目工程地质勘察、地形地貌的部分图件及数据。

原因:此部分内容属于项目建设的涉密部分。

4.删除周边用海项目权属信息。

原因:此部分内容涉及第三方商业秘密。

5.删除资料来源说明及附件内容。

原因:此部分内容涉及用海单位、利益相关者及有关管理部门的管理要求,未经同意不允许公开。

广东海兰图环境技术有限公司

2023年12月6日



项目基本情况表

项目名称	中广核江门川岛一海上风电项目		
项目地址	广东省江门市台山市南侧海域		
项目性质	公益性 ( )	经营性 ( ✓ )	
用海面积	178.7534ha	投资金额	626404 万元
用海期限	27 年	预计就业人数	/人
占用岸线	总长度	0m	邻近土地平均价格 /万元/ha
	自然岸线	0m	预计拉动区域 经济产值 /万元
	人工岸线	0m	填海成本 /万元/ha
	其他岸线	0m	
海域使用类型	工矿通信用海中的可再生能源用海 工业用海中的电力工业用海		新增岸线 0m
用海方式	面积		具体用途
透水构筑物	48.4967 公顷		风机
海底电缆	130.2567 公顷		66kV 集电海缆
注：邻近土地平均价格是指用海项目周边土地的价格平均值。			

# 目 录

摘 要.....	1
1 概述.....	4
1.1 论证工作由来.....	4
1.2 论证依据.....	5
1.2.1 法律法规.....	5
1.2.2 相关规划和区划.....	8
1.2.3 技术标准和规范.....	9
1.2.4 项目基础资料.....	10
1.3 论证工作等级和范围.....	11
1.3.1 论证工作等级.....	11
1.3.2 论证范围.....	11
1.4 论证重点.....	12
2 项目用海基本情况.....	13
2.1 用海项目建设内容.....	13
2.1.1 项目基本情况.....	13
2.1.2 工程建设内容及规模.....	13
2.2 平面布置和主要结构、尺度.....	14
2.2.1 平面布置.....	14
2.2.2 结构及设计尺度.....	15
2.3 项目主要施工工艺与方法.....	19
2.3.1 施工工艺及方法.....	19
2.3.2 施工设备.....	29
2.3.3 施工进度计划.....	30
2.3.4 土石方平衡.....	31
2.4 项目用海需求.....	31
2.4.1 项目用海需求.....	31
2.4.2 申请用海情况.....	32
2.5 项目用海必要性.....	37

2.5.1	项目建设必要性分析.....	37
2.5.2	项目用海必要性分析.....	41
3	项目所在海域概况.....	42
3.1	海洋资源概况.....	42
3.1.1	岸线资源.....	42
3.1.2	滩涂资源.....	42
3.1.3	岛礁资源.....	42
3.1.4	港口资源.....	42
3.1.5	渔业生产资源.....	42
3.1.6	风能资源.....	43
3.1.7	矿产资源.....	43
3.1.8	旅游资源.....	43
3.2	海洋生态概况.....	44
3.2.1	区域气候与气象.....	44
3.2.2	水文动力.....	45
3.2.3	海域地形地貌与冲淤状况.....	57
3.2.4	工程地质.....	57
3.2.5	海洋自然灾害.....	64
3.2.6	海洋水质现状调查与评价.....	65
3.2.7	海洋沉积物质量现状调查与评价.....	78
3.2.8	海洋生物质量现状调查与评价.....	81
3.2.9	海洋生态现状.....	84
3.2.10	电磁环境现状调查与评价.....	107
3.2.11	噪声环境现状调查与评价.....	109
3.2.12	鸟类资源.....	110
3.2.13	自然保护区.....	119
3.2.14	珍稀海洋生物.....	119
3.2.15	“三场一通道”分布情况.....	122
4	资源生态影响分析.....	127

4.1	生态评估.....	127
4.1.1	资源生态敏感目标.....	127
4.1.2	重点和关键预测因子.....	128
4.1.3	用海方案工况设计.....	128
4.1.4	水动力影响预测分析.....	130
4.1.5	地形地貌与冲淤影响预测分析.....	146
4.1.6	水质影响预测对比分析.....	148
4.1.7	用海方案推选.....	155
4.2	资源影响分析.....	158
4.2.1	对岸线及海洋空间资源的影响.....	158
4.2.2	对海洋生物资源的影响.....	158
4.2.3	对其他海洋资源的影响.....	161
4.3	生态影响分析.....	162
4.3.1	对水文动力环境影响.....	162
4.3.2	对地形地貌冲淤环境影响.....	162
4.3.3	对水质环境的影响.....	162
4.3.4	对沉积物的影响.....	163
4.3.5	对海洋生物的影响.....	164
4.3.6	对鸟类的影响.....	175
4.3.7	生态跟踪监测指标合理影响范围.....	180
5	海域开发利用协调分析.....	185
5.1	海域开发利用现状.....	185
5.1.1	社会经济概况.....	185
5.1.2	海域使用现状.....	187
5.1.3	海域使用权属.....	188
5.2	项目用海对海域开发活动的影响.....	189
5.2.1	对航路的影响分析.....	190
5.2.2	对海上风电场项目的影响分析.....	191
5.2.3	对渔业活动的影响分析.....	192

5.3	利益相关者界定.....	192
5.4	需协调部门界定.....	192
5.5	相关利益协调分析.....	193
5.5.1	与 [ ] 的协调分析.....	193
5.5.2	与海事主管部门的协调分析.....	193
5.5.3	与渔业主管部门的协调分析.....	194
5.6	项目用海与国防安全 and 国家海洋权益的协调性分析.....	194
5.6.1	对国防安全和军事活动的影响分析.....	194
5.6.2	对国家海洋权益的影响分析.....	195
6	国土空间规划符合性分析.....	196
6.1	项目用海与国土空间规划符合性分析.....	196
6.1.1	所在海域国土空间规划分区基本情况.....	196
6.1.2	对海域国土空间规划分区的影响分析.....	202
6.1.3	项目用海与国土空间规划的符合性分析.....	203
6.2	项目用海与海洋主体功能区规划的符合性分析.....	204
6.2.1	与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析.....	204
6.2.2	与《广东省海洋主体功能区规划》(2011-2020年)的符合性分析	205
6.3	项目用海与海洋功能区划的符合性分析.....	206
6.4	与“三区三线”中生态保护红线的符合性分析.....	208
6.5	项目用海与其他相关规划的符合性分析.....	209
6.5.1	与《海上风电开发建设管理办法》的符合性分析.....	209
6.5.2	与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析.....	210
6.5.3	与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析	211
6.5.4	与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析	212
6.5.5	与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析.....	214
6.5.6	与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析	215



6.5.7	与《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析.....	216
7	项目用海合理性分析.....	218
7.1	用海选址合理性分析.....	218
7.1.1	项目选址区位和社会条件的合理性分析.....	218
7.1.2	项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析.....	218
7.1.3	项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析.....	219
7.1.4	项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展.....	219
7.1.5	项目选址合理性分析.....	220
7.2	用海平面布置合理性分析.....	220
7.2.1	平面布置合理性分析.....	220
7.2.2	项目用海平面布置是否体现节约集约用海的原则.....	228
7.2.3	项目用海平面布置是否有利于生态保护.....	228
7.2.4	项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响.....	229
7.2.5	项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响	229
7.3	用海方式合理性分析.....	230
7.3.1	是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物,尽可能采用透水式、开放式的用海原则.....	230
7.3.2	能否最大程度地减少对海域自然属性的影响,是否有利于维护海域基本功能.....	230
7.3.3	是否有利于保护和保全区域海洋生态系统.....	230
7.3.4	能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响.....	231
7.4	岸线占用合理性分析.....	231
7.5	用海面积合理性分析.....	231
7.5.1	项目用海面积合理性.....	231
7.5.2	宗海图绘制.....	237
7.5.3	项目用海面积量算.....	239

7.6	用海期限合理性分析.....	243
8	生态用海对策措施.....	244
8.1	生态用海对策.....	244
8.1.1	设计阶段生态保护对策.....	244
8.1.2	施工期生态保护对策.....	244
8.1.3	运营期生态保护对策.....	246
8.2	生态跟踪监测.....	246
8.2.1	施工期环境监测.....	246
8.2.2	运营期环境监测.....	250
8.2.3	生态跟踪监测评价.....	253
8.3	主要生态问题.....	253
8.4	生态保护修复措施.....	253
9	结论.....	255

# 摘 要

中广核江门川岛一海上风电项目由中广核风电有限公司开发建设，项目位于江门市台山市南侧海域，场址面积约 47km<sup>2</sup>，风场场址水深在 45m~49m 之间，规划总装机容量为 400MW，拟布置 29 台 14MW 固定式风电机组。风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。根据《广东省能源局关于征求广东省海上风电配套输电工程布局方案（2024-2028 年）》（征求意见稿）“坚持集约建设，节约资源。统筹海陆输电方案，通过共建共用海上风电海上变电站、海上输电通道、海缆登陆点、陆上集控站、运营维护基地以及陆上配套送出线路等方式，最大限度减少用地、用海及岸线资源，有效降低海上风电输电工程建设成本。”本项目与国能江门川岛二海上风电项目共建共用海上升压站、送出海底电缆、海缆登陆点，海上升压站与送出海底电缆作为单独项目进行核准立项建设，不在本次论证范围内。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海面积为 178.7534 公顷，其中透水构筑物（风机）面积为 48.4967 公顷，海底电缆管道（66kV 集电海缆）用海面积为 130.2567 公顷；申请海域使用期限为 27 年。本项目风机和 66kV 集电海缆距离最近的陆地约 65km，不占用岸线。

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地和岸线资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，本项目用海，且占用该海域都是必要的。

本工程实施后海流影响主要在工程风电场桩基内部海域，冲淤范围也局限于风电桩基群的附近海区，周边临近海区的水动力、冲淤基本不受本工程的影响。本项目风机桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高

浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。项目施工将造成的底层大于 10mg/L 悬沙浓度区的包络线面积为 67.550km<sup>2</sup>，桩基础建设将造成底栖生物直接损失 2.07kg，定位架施工将造成底栖生物直接损失 36.76kg，海缆施工将造成底栖生物直接损失 1278.39kg。项目施工造成渔业资源直接损失量为游泳生物 0.257t、鱼卵 2.40×10<sup>8</sup> 粒、仔鱼 7.48×10<sup>7</sup> 尾。渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。项目建设可能产生的主要生态问题是海洋生物资源减少，针对项目可能产生的主要生态问题，提出增殖放流的生态修复措施，项目拟增殖放流总数量共 620 万尾鱼苗。

本项目风电场周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为  有限公司，协调责任部门为当地渔业主管部门以及海事主管部门。本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突。

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于湛江-珠海近海农渔业区，项目建设基本不会对所在海域及附近海域海洋功能区主导功能的发挥产生影响，项目建成后将促进绿色能源产业的发展，利于环境保护，并带动周边地区的经济发展。项目建设符合国家产业政策，符合《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（草案）、生态保护红线的管控要求。项目与《“十四五”现代能源体系规划》《海上风电开发建设管理办法》《广东能源发展“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030 年）（修编）》等能源行业规划的要求相符。项目符合《2030 年前碳达峰行动方案》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，以及《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

依据风电场址规划，根据风能资源分布概况，综合考虑系统接入以及其他海洋水文条件优劣，本项目选址与相关规划、生态环境保护、军事等不相冲突，与对外交通运输条件、地质条件等较适宜，项目用海选址是合理的；本项目风电场

场址区域离岸最近约 65km，已超过 10km；水深约 45m~49m，水深大于 10m，满足《国家能源局国家海洋局关于印发<海上风电开发建设管理办法>的通知》（国能新能〔2016〕394 号）的双十要求；风电场场址不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域，因此项目用海选址合理。项目平面布置方案经过了多次优化，充分考虑周边开发现状的需求，平面布置体现了集约、节约用海的原则，最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响，有利于生态和环境保护，平面布置合理。本项目用海面积可以满足项目用海需求；风电场总容量 40 万千瓦，风电场外缘边线包络海域面积 44.71 平方公里，每 10 万千瓦包络海域面积约 11.18 平方公里，小于 16 平方公里，符合相关行业的设计标准和规范，符合原国家海洋局关于海上风电用海控制指标要求，不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。本项目用海方式基本维护了所在海域的基本功能，对水动力、冲淤环境影响较小，用海方式合理。项目风机的设计服务年限为 25 年，总工期计划为 16 个月，因此项目申请海域使用期限 27 年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》，申请期限合理。

在做好海域环境的保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海可行。

# 1 概述

## 1.1 论证工作由来

随着国家提出碳达峰、碳中和的中远期目标，大力发展光伏、风电等新能源产业，是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省大陆海岸线总长达 4000km 以上，海域面积广阔，沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。

开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件。

2009 年 4 月，根据国家能源局下发的《关于印发海上风电场工程规划工作大纲的通知》（国新能〔2009〕130 号）的要求，广东省启动海上风电场址规划及海上风电输电规划工作。2011 年 6 月，《广东省海上风电场工程规划》报告正式报送国家能源局；2011 年 7 月，《广东省海上风电场工程规划》通过水利水电规划总院审查；2012 年 8 月国家能源局对《广东省海上风电场工程规划》进行了批复，2016 年 9 月广东省能源局委托广东院进行《广东省海上风电发展规划》修编，对《广东省海上风电场工程规划》中原有场址进一步进行梳理，并作适当调整。近两年，我国加快了海上风电平价上网的步伐。2018 年 5 月，国家发改委能源局颁布《关于 2018 年度风电建设管理有关要求的通知》（国能发新能〔2018〕47 号），要求 2019 年以后新增核准的海上风电采用竞价上网的方式。2019 年 1 月，国家发改委能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》（发改能源〔2019〕19 号），2019 年 5 月配套出台《关于公布 2019 年第一批风电、光伏发电平价上网项目的通知》（发改办能源〔2019〕594 号），2 个通知要求积极推进海上风电平价上网。2023 年 1 月，广东省发展改革委印发《关于调整全省海上风电场址的通知》。根据通知，广东省新增省管海域（领海线以内）海上风电场址 7 个，装机容量 1830 万千瓦；规划国管海域（领海线以外专属经济区）粤东海上风电基地场址 7 个，装机容量 3570 万千瓦。2023 年 6 月，广东省发展改革委印发《广东省 2023 年海上风电竞争配置工作方案》，其中省管海域项目共 15 个，装机容量 700 万千瓦。2023 年 10 月，广东省 2023 年省

管海域海上风电项目竞争配置结果公布，中广核江门川岛一海上风电项目由中广核风电有限公司开发建设。

本项目为中广核江门川岛一海上风电项目，位于江门市台山市南侧海域，场址面积约 47km<sup>2</sup>，风场场址水深在 45m~49m 之间，规划总装机容量为 400MW，拟布置 29 台 14MW 固定式风电机组。风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。根据《广东省能源局关于征求广东省海上风电配套输电工程布局方案(2024-2028 年)》(征求意见稿)“坚持集约建设，节约资源。统筹海陆输电方案，通过共建共用海上风电海上变电站、海上输电通道、海缆登陆点、陆上集控站、运营维护基地以及陆上配套送出线路等方式，最大限度减少用地、用海及岸线资源，有效降低海上风电输电工程建设成本。”本项目与国能江门川岛二海上风电项目共建共用海上升压站、送出海底电缆、海缆登陆点，海上升压站与送出海底电缆作为单独项目进行核准立项建设，不在本次论证范围内。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》等法律法规的规定，本项目建设占用海域空间资源，应进行海域使用论证，办理用海手续。受中广核风电有限公司所托，广东海兰图环境技术研究有限公司承担该项目的海域使用论证工作。我公司在接受该海域使用论证工作的委托后，为使论证工作顺利开展，收集了大量相关信息资料，详细了解工程内容。根据该项目海域使用的性质、规模和特点，按照《海域使用论证技术导则》等的要求编制了《中广核江门川岛一海上风电项目海域使用论证报告书》。

## 1.2 论证依据

### 1.2.1 法律法规

本项目海域使用论证报告书的编制依据主要有下列相关的国家和部门的法律法规，以及其它涉海部门和地方的海域使用和海洋环境保护等管理规定。

(1) 《中华人民共和国海域使用管理法》(2001 年 10 月 27 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，2002 年 1 月 1 日起实施)；

(2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023年10月24日第十四届全国人民代表大会常务委员会第六次会议第二次修订，自2024年1月1日起施行）；

(3) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015年1月1日起施行）；

(4) 《中华人民共和国电力法》（2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正，自公布之日起施行）；

(5) 《中华人民共和国可再生能源法》（2009年12月26日第十一届全国人民代表大会常务委员会修订，2010年4月1日起实施）；

(6) 《中华人民共和国港口法》（2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第三次修正，自公布之日起施行）；

(7) 《中华人民共和国海上交通安全法》（2021年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订，自2021年9月1日起施行）；

(8) 《中华人民共和国安全生产法（修正草案）》（2020年11月25日，国务院常务会议通过）；

(9) 《中华人民共和国湿地保护法》（2021年12月24日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022年6月1日施行）；

(10) 《中华人民共和国渔业法》（2013年12月28日第十二届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订，2014年3月1日起施行）；

(11) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》（2013年12月7日第二次修订）；

(12) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2022年12月30日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十八次会议第二次修订）；

(13) 《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》（国办发〔2002〕36号）；

(14) 《海域使用权管理规定》（国家海洋局，2007年1月1日起实施）；

(15) 《国家海洋局关于印发〈海洋生态损害评估技术指南（试行）〉的通知》（国海环字〔2013〕583号）；



- (16) 《中华人民共和国自然保护区条例》（根据 2017 年 10 月 7 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）；
- (17) 《国家海洋局关于进一步加强自然保护区海域使用管理工作的意见》（国海函〔2006〕3 号）；
- (18) 《中华人民共和国航道法》（根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》修正）；
- (19) 《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（根据 2018 年 3 月 19 日《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》第二次修订）；
- (20) 《关于规范海域使用论证材料编制的通知》（自然资规〔2020〕1 号，2021 年 1 月 8 日）；
- (21) 《自然资源部办公厅关于进一步做好海域使用论证报告评审工作的通知》（自然资办函〔2021〕2073 号，2021 年 11 月 10 日）；
- (22) 《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号，2022 年 10 月 14 日）；
- (23) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号，2022 年 8 月 16 日）；
- (24) 《自然资源部办公厅关于进一步规范项目用海监管工作的函》（自然资办函〔2022〕640 号，2022 年 4 月 15 日）；
- (25) 《自然资源部关于进一步做好用地用海要素保障的通知》（自然资发〔2023〕89 号，2023 年 6 月 13 日）；
- (26) 《自然资源部关于印发〈国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南〉的通知》（自然资发〔2023〕234 号，2023 年 11 月）；
- (27) 《海上风电开发建设管理办法》（国能新能〔2016〕394 号，2016 年 12 月 29 日发布实施）；
- (28) 《铺设海底电缆管道管理规定》（自 1989 年 3 月 1 日起施行）；
- (29) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》（1992 年 8 月 26 日国家海洋局令第 3 号发布施行）；

(30) 《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》(国海规范〔2016〕6号)；

(31) 《关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》(国海规范〔2017〕8号)；

(32) 《关于印发<广东省海域使用金征收标准(2022年修订)>的通知》(粤财规〔2022〕4号,2022年6月17日)；

(33) 《广东省海域使用管理条例》(根据2021年9月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十五次会议《关于修改〈广东省城镇房屋租赁条例〉等九项地方性法规的决定》修正)；

(34) 《广东省环境保护条例》(根据2019年11月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第十五次会议《关于修改〈广东省水利工程管理条例〉等十六项地方性法规的决定》第二次修正)；

(35) 《广东省人民政府办公厅关于推动我省海域和无居民海岛使用“放管服”改革工作的意见》(粤府办〔2017〕62号,广东省人民政府办公厅,2017年10月15日)；

(36) 《广东省自然资源厅关于印发<广东省项目用海政策实施工作指引>的通知》(粤自然资函〔2020〕88号,2020年2月28日)；

(37) 《广东省自然资源厅办公室关于启用我省新修测海岸线成果的通知》(2022年2月22日)。

## 1.2.2 相关规划和区划

(1) 《全国海洋功能区划(2011-2020年)》，2012年4月；

(2) 《全国海洋主体功能区规划》，2015年8月1日；

(3) 《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210号)；

(4) 《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445号)；

(5) 《中国航路指南》A103,海军司令部航海保证部；

(6) 《全国沿海船舶航路总体规划》，2011年11月18日印发；

(7) 《广东省人民政府 国家海洋局关于印发广东省海岸带综合保护与利用总体规划的通知》(粤府〔2017〕120号),2017年12月12日；

- (8) 《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，2012年11月；
- (9) 《广东省海洋主体功能区规划》，2017年12月；
- (10) 《广东省海洋经济发展“十四五”规划》，2022年3月；
- (11) 《广东省能源发展“十四五”规划》，2018年7月；
- (12) 《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》（粤发改能新〔2018〕193号）；
- (13) 《广东省人民政府关于印发广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要的通知》（粤府〔2021〕28号）；
- (14) 《广东省国土空间规划（2021-2035年）》（国函〔2023〕76号），2023年8月8日；
- (15) 《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》（粤府办〔2021〕31号）；
- (16) 《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》（粤自然资发〔2023〕2号），2023年5月10日；
- (17) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年12月27日第20次委务会议修改）；
- (18) 《市场准入负面清单（2022年版）》（发改体改规〔2022〕397号）；
- (19) 《江门市国土空间总体规划（2020-2035年）》（草案），江门市自然资源局，2022年7月；
- (20) 《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，江门市人民政府，2021年5月。

### 1.2.3 技术标准和规范

- (1) 《海籍调查规范》（HY/T124-2009）；
- (2) 《海域使用分类》（HY/T123-2009）；
- (3) 《海域使用论证技术导则》（GB/T42361-2023）；
- (4) 《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）；
- (5) 《海洋监测规范》（GB17378-2007）；
- (6) 《海水水质标准》（GB3097-97）；

- (7) 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002);
- (8) 《海洋生物质量》(GB18421-2001);
- (9) 《渔业水质标准》(GB11607-89);
- (10) 《海域使用面积测量规范》(HY070-2022);
- (11) 《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T18314-2009);
- (12) 《中国海图图式》(GB12319-2022);
- (13) 《海洋工程地形测量规范》(GB/T17501-2017);
- (14) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(2002.04);
- (15) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007, 中华人民共和国农业部);
- (16) 《海上风电工程环境影响评价技术规范》(国家海洋局, 2014.04);
- (17) 《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)。

#### 1.2.4 项目基础资料

- (1) 建设单位提供的项目施工方案、风机选型、集电系统描述、工程地质情况、风机基础方案及其他相关资料;
- (2) 《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目水文观测及海洋环境现状调查-冬季全潮水文观测分析报告》(2020年7月);
- (3) 《阳江帆石海上风电项目海洋环境现状调查(春季)监测报告》(2022年5月);
- (4) 《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告(2023年秋季)》(2023年12月);
- (5) 《江门川岛(一)海上风电项目(2023年秋季)调查报告》(2023年10月);
- (6) 《江门川岛(一)海上风电项目(2023年冬季)调查报告》(2023年12月);
- (7) 《江门川岛一海上风电场项目鸟类调查专题报告》(2023年11月)。

## 1.3 论证工作等级和范围

### 1.3.1 论证工作等级

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类），按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物用海（一级方式）的透水构筑物用海（二级方式）和其他用海方式（一级方式）的海底电缆管道用海（二级方式），项目申请总用海面积为 178.7534 公顷，其中透水构筑物用海面积为 48.4967 公顷，海底电缆管道用海面积为 130.2567 公顷，根据《海域使用论证技术导则》的海域使用论证等级判定表（见表 1.3.1-1），透水构筑物用海总面积大于（含）30 公顷所有海域论证等级为一级，海底电缆管道所有规模其他海域论证等级为三级，根据“同一项目用海按不同用海方式、用海规模所判定的等级不一致时，采用就高不就低的原则确定论证等级”，判定本项目的海域使用论证等级为一级，应编制海域使用论证报告书。

表 1.3.1-1 海域使用论证等级判定标准

用海单元	一级用海方式	二级用海方式		用海规模	所在海域特征	论证等级
风机	构筑物	透水构筑物		构筑物总长度大于（含）2000m 或用海总面积面积大于（含）30ha 本项目用海面积 <b>48.4967</b> 公顷	所有海域	一
海底电缆	其他方式	海底电缆管道	海底电（光）缆	所有规模 本项目用海面积 <b>130.2567</b> 公顷	敏感海域	二
					其他海域	三
本项目						一

### 1.3.2 论证范围

根据《海域使用论证技术导则》规定的确定论证范围原则方法，即应依据项目用海情况、所在海域特征及周边海域开发利用现状等确定，应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。结合项目周边用海情况确定本项目论证范围，面积约 3243km<sup>2</sup>，论证范围见图 1.3.2-1，论证范围坐标点详见表 1.3.2-1。

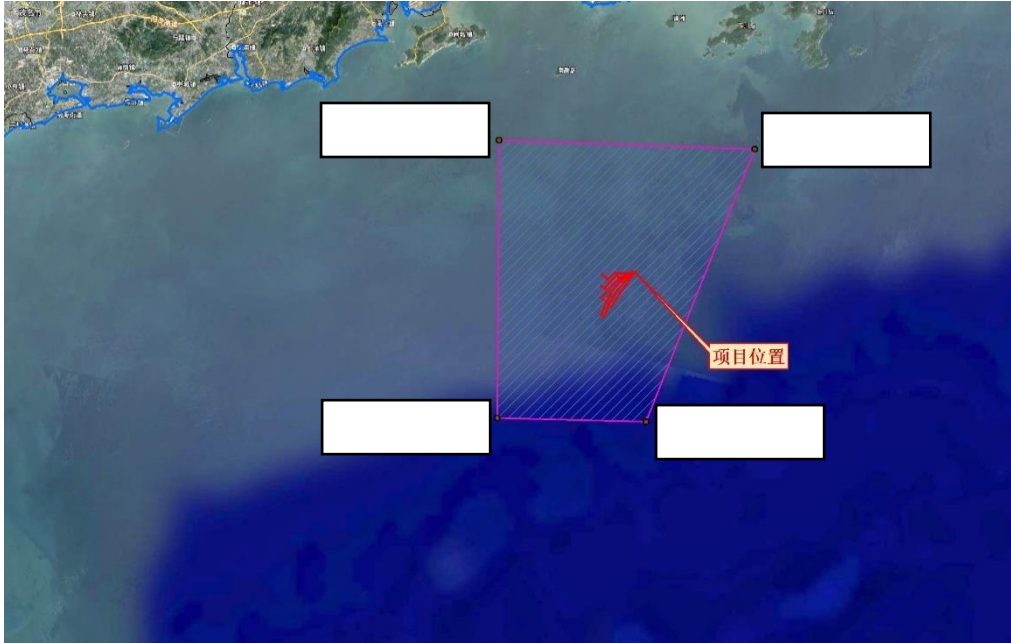


图 1.3.2-1 论证范围图

表 1.3.2-1 论证范围四至坐标点（略）

## 1.4 论证重点

根据项目海域的自然环境条件、海洋资源分布及开发利用现状等特点，结合项目的用海性质、可能造成的环境影响，确定本论证工作的论证重点为：

- (1) 项目用海必要性；
- (2) 项目用海资源生态影响；
- (3) 海域开发利用协调；
- (4) 项目用海平面布置和用海面积合理性分析；
- (5) 生态用海对策措施。

## 2 项目用海基本情况

### 2.1 用海项目建设内容

#### 2.1.1 项目基本情况

(1) 项目名称：中广核江门川岛一海上风电项目

(2) 项目性质：新建项目

(3) 建设单位：中广核风电有限公司

(4) 地理位置：本项目位于江门市台山市南侧海域，详见图 2.1.1-1，场址面积约 47km<sup>2</sup>，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km。



图 2.1.1-1 项目地理位置图

#### 2.1.2 工程建设内容及规模

本项目装机容量为 400MW，拟建设 29 台 14MW 的风电机组，风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。根据《广东省能源局关于征求广东省海上风电配套输电工程布局方案(2024-2028 年)》(征求意见稿)“坚持集约建设，节约资源。统筹海陆输电方案，通过共建共用海上风电海上变电站、海上输电通道、海缆登陆点、陆上集控站、运营维护基地以及陆上配套送出线路等方式，最大限度减少

用地、用海及岸线资源，有效降低海上风电输电工程建设成本。”本项目与国能江门川岛二海上风电项目共建共用海上升压站、送出海底电缆、海缆登陆点，海上升压站与送出海底电缆作为单独项目进行核准立项建设，不在本次论证范围内。

工程静态投资 609652 万元，单位千瓦静态投资 15106 元/kW，工程动态投资 626404 万元，单位千瓦动态投资 15429 元/kW。

## 2.2 平面布置和主要结构、尺度

### 2.2.1 平面布置

本项目拟布置 29 台 14MW 的风电机组，采用阵列式布置。66kV 集电海缆采用链型拓扑结构，共 6 个回路，各个回路考虑功率分布平衡，连接 4~5 台风机，且不交叉不重叠。项目总平面布置详见图 2.2.1-1。

图 2.2.1-1 项目总平面布置图（略）

#### 2.2.1.1 风电机组

现阶段风机布置主要从发电效益角度出发，充分利用风能资源，且不和用海及环保冲突。本风电场风向、风能分布相对集中。风机布置时按平行主导风向 8~14 倍叶轮直径，垂直主导风向 3~6 倍叶轮直径的范围进行试算（后排风机间距可按海域情况加大），并适当进行角度的偏转，调整个别风机点位，寻找风电场总体发电效益最优的方案。

本项目风机排布示意图详见图 2.2.1-2。主导风向为 E，次主导风向为 ENE，主导风能方向为 ENE。29 台 14MW 风电机组各排风机基本垂直于主导风向，采用近似 6 排进行布置，列间距为 8.3~13D，行间距为 3.0~3.6D。



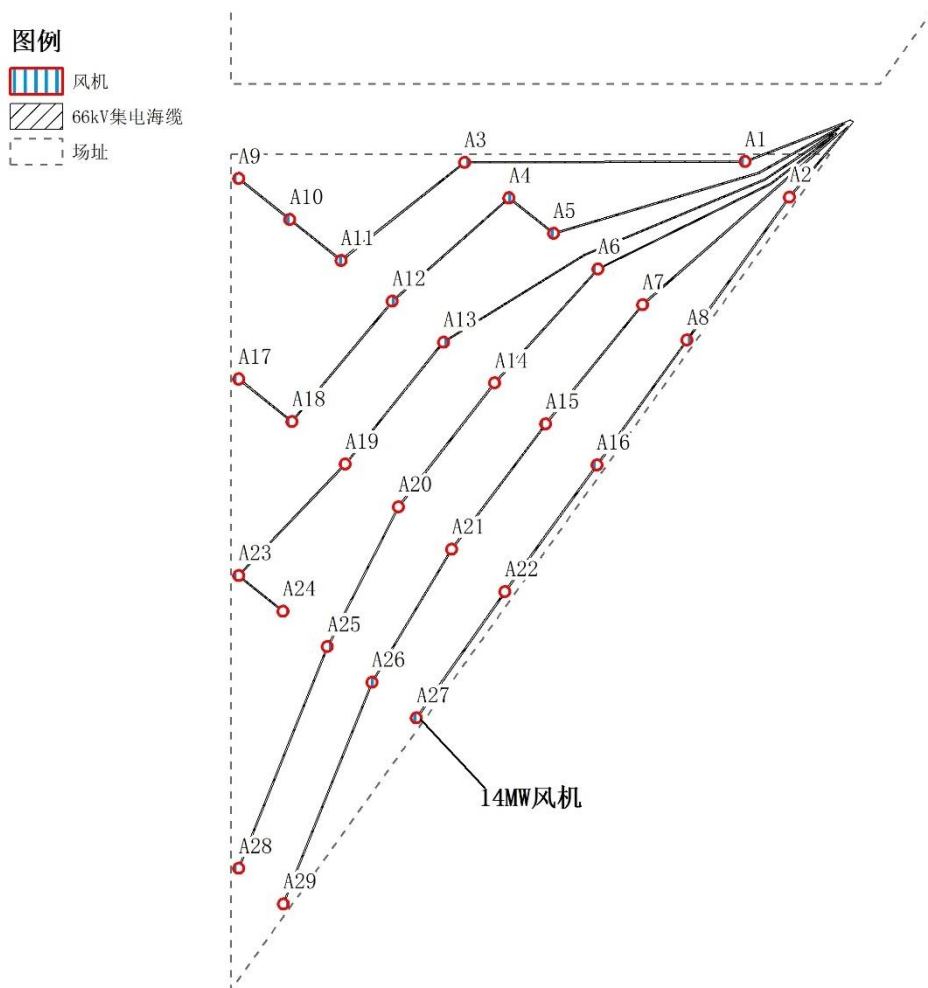


图 2.2.1-2 项目平面布置示意图

### 2.2.1.2 海底电缆

本项目集电海缆采用 66kV 三芯电缆，集电系统接线拓扑布局采用链形拓扑结构。风机按 6 个回路布置，各个回路考虑功率分布平衡，连接 4~5 台风机，风机连接电缆不交叉重叠。66kV 集电海缆平面布置详见图 2.2.1-2。

## 2.2.2 结构及设计尺度

### 2.2.2.1 风电机组

#### (1) 风机机型

风电场机型选择应考虑适合风电场场址的风资源条件，有利于提高风电场的发电效益。本项目根据场址风资源条件和风况特征及海上的特殊水文气象条件，结合国内外海上风机的认证状况、制造水平、技术成熟程度、运行业绩、设备制造的可行性和设备采购的积极性等，进行风电场机组型式选择，现阶段推荐单机

容量为 14MW 的机型，风机参数特征详见表 2.2.2-1。

表 2.2.2-1 推荐机型风机参数特征表

项 目	单 位	WTG1
机组认证	/	型式认证
额定功率	kw	14000
功率调节方式	/	变速变桨
轮毂高度	m	155
安全风速(3s)	m/s	79.8
设计等级	/	IEC S
生存环境温度	°C	-30~+50
运行环境温度	°C	-20~+40
叶片数	个	3
叶片长度	m	126
风轮直径	m	258
扫风面积	m <sup>2</sup>	52279
切入风速	m/s	3
切出风速	m/s	28 (21-28m/s 软切出)
额定风速	m/s	11.6

## (2) 风机基础

根据工程海域的水深情况，现阶段设计四桩导管架基础根开为 30 米，桩直径为 3.5 米，桩顶高程-38.0 米，整个风电场区域的平均钢管桩桩长约为 90~100m，平均入土深度约为 80m。根据工程海域的水深情况，水深变化为 3 米左右，整个场址采用同一种规格的导管架，导管架顶法兰高程为+27m，过渡段将军柱直径为 8.5m，导管架腿直径为 1.5~2.8 米，主腿壁厚 40mm~80mm，过渡段壁厚最大 90mm，相邻导管腿之间通过 X 撑杆进行连接，共设置三层 X 撑，斜撑最大厚度约为 80mm，灌浆连接段长度约为 6 米，导管架高度约 75 米，导管架主体钢结构重量 2130 吨，钢管桩重 1700 吨。四桩导管架基础结构图详见图 2.2.2-1 所示。

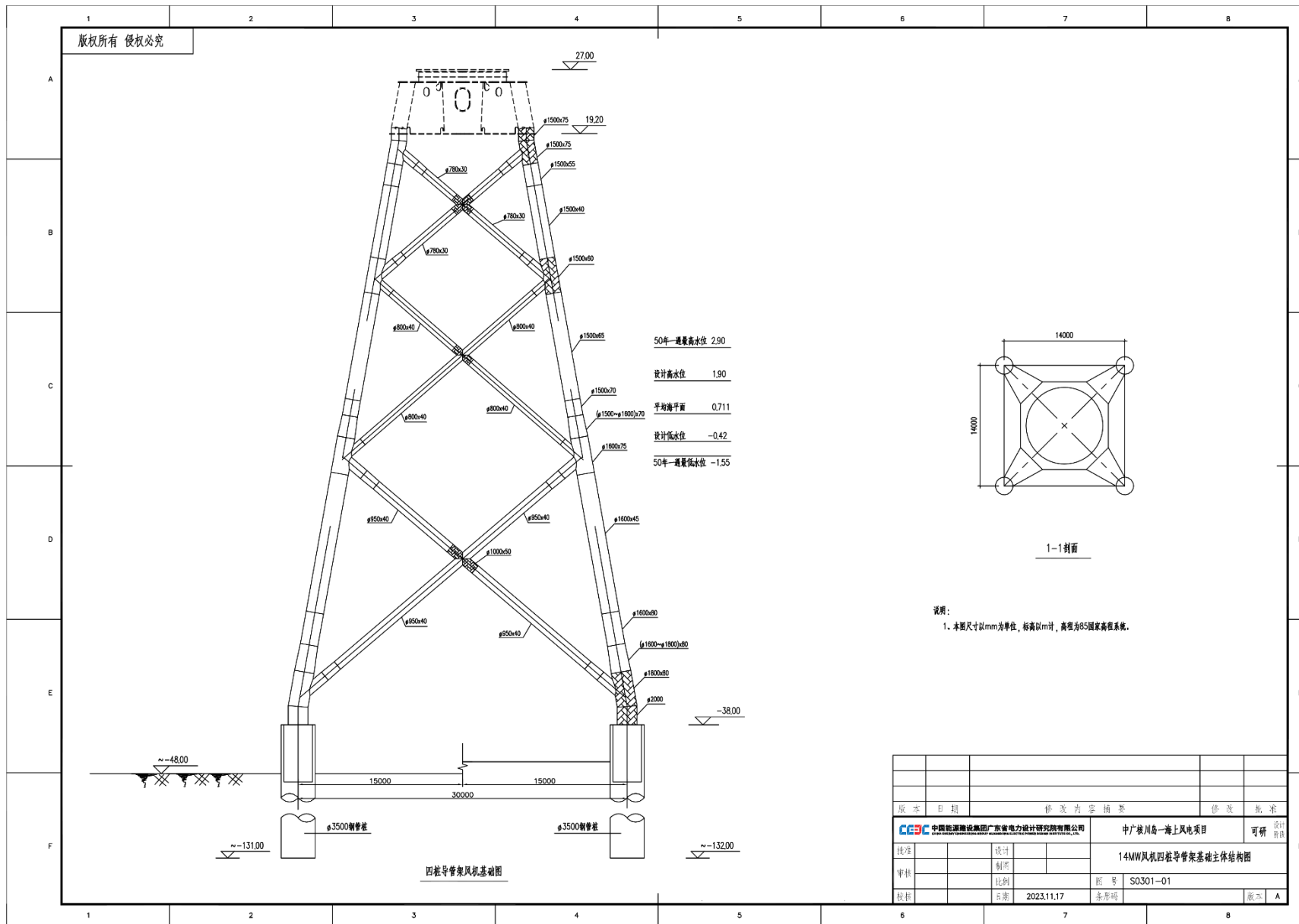


图 2.2.2-1 四桩导管架基础结构图

### 2.2.2.2 海底电缆

本项目 29 台 14MW 风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV 海底电缆长约 68.99km，拟选用交联聚乙烯绝缘，分相铅护套，钢丝铠装，光电复合，三芯海底电缆，电缆截面从  $3 \times (95 \sim 650) \text{ mm}^2$  不等，最大电缆外径为 176.3mm。

海缆结构参数详见表 2.2.2-2，海缆结构型式见图 2.2.2-2。

表 2.2.2-2 项目海缆结构参数表

单机容量 (MW)	风机台数	运行电流 (A)	海缆规格	海缆参考外径 (mm)
14	1	125	HYJQF41-F 38/66kV-3×95 +2×36	134.48
	2	250	HYJQF41-F 38/66kV-3×95 +2×36	134.48
	3	375	HYJQF41-F 38/66kV-3×185 +2×36	144.88
	4	500	HYJQF41-F 38/66kV-3×400 +2×36	163.4
	5	625	HYJQF41-F 38/66kV-3×630 +2×36	176.3

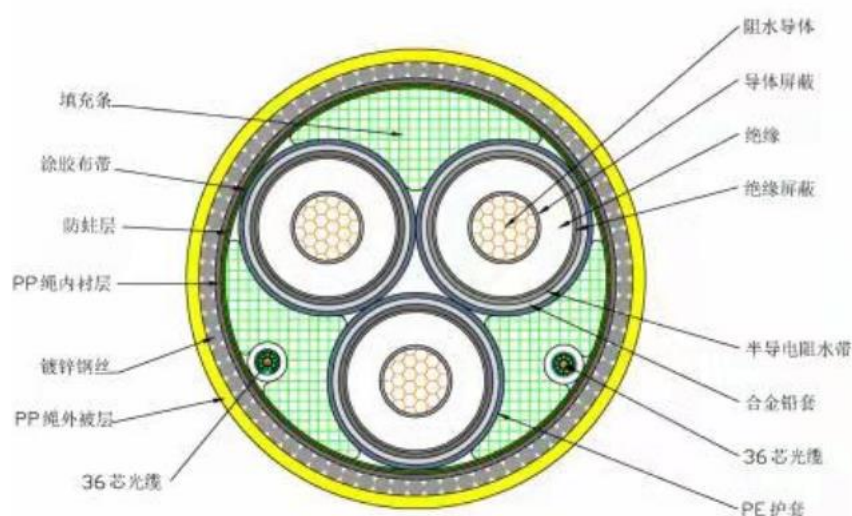


图 2.2.2-2 海缆结构型式图

### 2.2.2.3 海上升压站

项目风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与国能江门川岛二海上风电项目合建的海上升压站，共同送出。海上升压站及送出海缆用海另行申请，本次论证不包含该内容。本节对海上升压站结构尺寸进行简要介绍。

海上升压站基础为 4 腿导管架型式，采用  $\phi 4200$  开口变壁厚钢管桩，共 4

根, 钢管桩长 101m, 入泥 86m。上部根开 26.0m×45.0m, 底部根开 31.8m×54.8m。导管架顶标高 19.5m, 底标高-40.0m。

海上升压站内主要有主变室、电抗器室、低压配电室、设备间、蓄电池室、污水处理间、休息室等。海上升压站共 4 层, 平台最外缘尺寸分别为底层 62.5m×50.0m、二层 62.3m×53.1m、三层 62.3m×53.1m、顶层 63m×47.5m, 垂直投影的外缘线为 63m×53.1m 的矩形。

## **2.3 项目主要施工工艺与方法**

本项目工程施工主要项目有大型钢结构制作、风机基础施工、风机机组安装、66kV 场内海缆敷设。现结合工程条件及特点, 针对海上风电场的主要施工项目的施工方案进行介绍说明。

### **2.3.1 施工工艺及方法**

#### **2.3.1.1 风电机组基础施工**

##### **(1) 基础钢结构制造**

四桩导管架连接段结构整个加工过程, 必须严格依据设计单位提供的图纸、详细设计技术规格书、国家行业的规范标准等, 主要流程为: 基础钢结构加工→钢结构防腐。

##### **(2) 钢管桩制造**

钢管桩制作采用常规的直缝加工制作工艺基, 其加工制作工艺主要为:

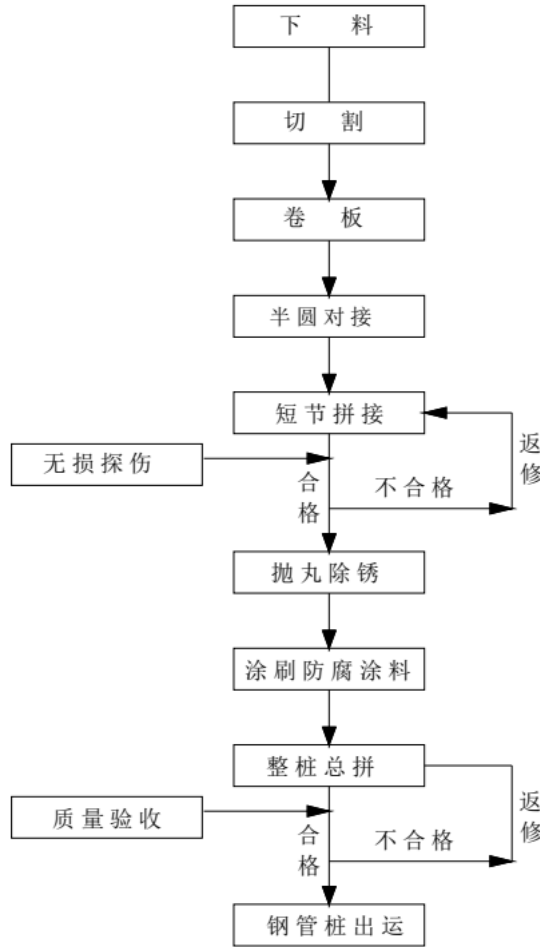


图 2.3.1-1 钢管桩加工制作工艺流程图

### (3) 基础钢结构的运输

#### 1) 导管架运输

完成建造的导管架连接段在场内采用轨道、台车进行运输；导管架连接段在码头前沿通过台车与滑道配合平板驳进行装船并采取可靠措施固定。

导管架连接段场外运输均需利用 10000t 级以上自航驳船进行，每次装载 2 台，将装有导管架或连接段的驳船运送至风电场安装。

#### 2) 钢管桩运输

钢管桩在加工厂生产完并经验收合格后，采用滚装工艺，利用场内轨道、台车进行运输装船，采用 10000t 级以上运输货船运输，每次运输 6 或 8 根钢管桩至风电场，供 2 台风机基础施工使用。

### (4) 测量工程

风机基础施工项目为外海施工作业项目，施工区域远离海岸线，常规测量无法直接进行作业，采用 GPS 定位技术进行测量控制，拟在风电场内设置测量 GPS

基站，覆盖到整个施工区域。测量仪器主要采用高精度的 GPS 测量仪器，全站仪、经纬仪、水准仪及激光扫平仪器为辅助测量仪器。本工程实施初期，可利用本工程场址前期建造的测风塔平台设置 GPS 测量基站平台，并在平台上设置供电系统。

### (5) 常规桩沉桩施工

为了确保沉桩施工精度，需要首先施打工艺辅助桩搭建导向架平台，然后插桩并利用打桩锤进行施工。国内典型的常规沉桩施工工艺如下：

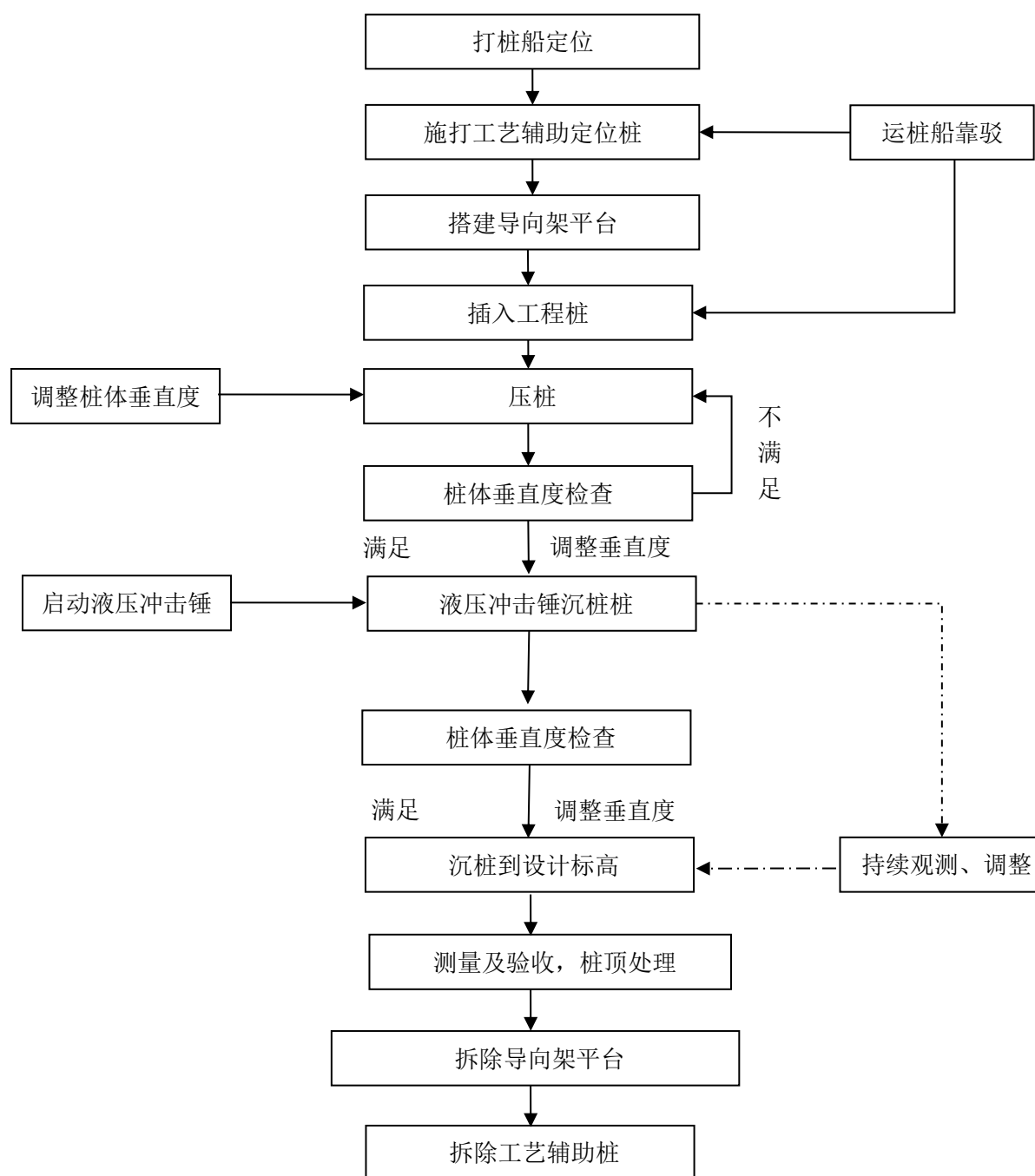


图 2.3.1-2 常规钢管桩沉桩施工工艺图

主要施工步骤:

1) 作业船抛锚、定位和安装导向架

本工序需要在外海施工，打桩船抛锚采用八字形式，在抛锚位置处挂浮筒。沉桩施工采用设置工艺辅助桩及导向架的方式来保证钢管桩沉桩的质量控制，通过打设工艺辅助桩保证导向架的稳定，在工艺导向架上设置三个 GPS 控制点及两台测倾仪，并通过设置在定位导向架上的液压调平装置进行工艺定位架的调平来保证同机位的钢管桩的桩位平面位置及垂直度。

工艺辅助桩顶部设置整体式工艺定位架，采用型钢与四个定位桩套筒制作，桩套筒内径比设计钢管桩直径大 10cm，同时在定位架的上、下层设置液压定位系统，定位架的每边中心底部位置设置双向和高程（X、Y、Z 向）均可调节的三维调平装置，该装置与定位架连成整体一并吊装，通过液压系统的调节可纠正钢管桩在沉桩过程中的平面位置和垂直度偏差，工艺定位导向架布置如下图所示。



图 2.3.1-3 工艺定位架示意图

2) 沉桩

钢管桩沉桩分为四个阶段:

第一阶段插入工程桩，起重船使用专用的吊桩设备起吊钢管桩，吊入至工艺



定位架的桩位固定位置，测量桩的垂直度，下桩并准确定位，完成植桩；

第二阶段采用起重船吊液压冲击锤，将钢管桩锤击至设计标高，过程中持续观测和调整桩的垂直度；

第三阶段采用起重船吊离液压锤，吊除定位导向，拆除工艺辅助桩。

沉桩过程中，通过定位导向架的作用控制桩的相对位置和垂直度，并随时监控桩的垂直度，直至沉桩完成。

### 3) 钢管桩顶部预处理

本工程地质条件较复杂，且桩顶标高偏差需控制在 50mm 内，可能会出现部分高桩，因此钢管桩要在安装基础钢结构标高位置进行切割处理。

### 4) 测量、验收

分别精确测量钢管桩的桩顶高程、2 个方向的倾斜度、桩中心位置的相对距离及偏差等，填写验收表格并绘制成果图。

## (6) 上部基础结构安装

四桩导管架基础结构主要分为上部结构和基础工程桩两部分，上部结构通过底部的筒体与基础工程桩相连，然后通过接缝灌浆的形式连成整体。

施工工艺流程：

风机基础施工时，利用工艺钢管桩定位导向钢桁架，辅助工程钢管桩沉桩，沉桩完成后对桩顶进行处理、数据测量及验收，确保基础桩施工合格后，进行导管架吊装、安装并进行灌浆施工，其主要施工工艺如下：

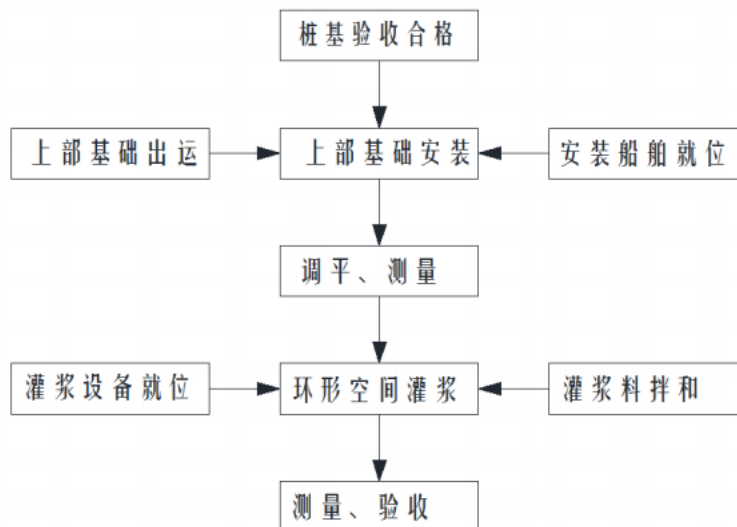


图 2.3.1-4 上部基础结构施工工艺流程图

主要施工步骤:

1) 上部基础海上吊装及调平施工

起重船、运输船分别抛锚就位→竖直起吊上部基础结构，运输船起锚驶出，工作船驶入、锚泊就位→工作船安装监控仪，起重船下放上部基础结构→通过监控及工作船上揽风控制连接段位置，将连接段钢筒体插入钢管桩→验收合格后，对连接段进行初步固定，完成连接段吊装。

2) 灌浆施工

上部基础吊装完成后，灌浆工作立即开始→利用预留注浆管道，向灌浆段腔体底部压注清水，冲洗灌浆腔体→连接注浆管，向底部灌注高强灌浆材→通过监控，当灌浆溢流孔有浓浆溢出，即可完成灌浆→灌浆材料强度达标后，方可进入下一工序。

### 2.3.1.2 风电机组安装

按照海上风机安装工艺不同，海上风机机组设备安装主要可为整体吊装方式和分体吊装方式两种。结合本工程的工程建设条件及国内施工设备的信息情况等，风机分体安装方式更适应本工程所在海域涌浪大、海况恶劣的施工条件，因此现阶段拟推荐风机安装采用分体安装方式进行。

海上分体吊装方案是将风电机组各组件各自完成自身的预组装后，运至风场机位，在现场依次进行塔筒、机舱、轮毂与叶片组合件的安装。施工工艺流程如下：

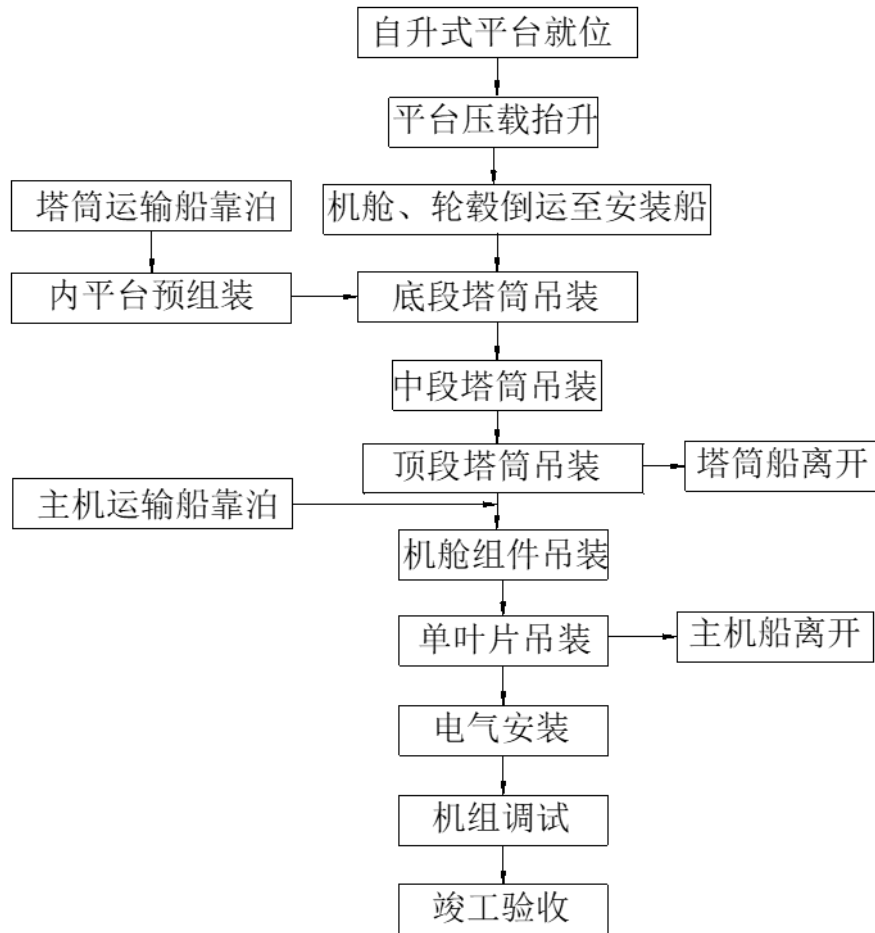


图 2.3.1-5 风机分体吊装安装施工工艺流程图

主要施工步骤：风机部件组装→风机海上运输→基础交接→塔筒内风机电器设备甲板面组装→自升平台船就位→吊装塔筒→机舱与轮毂组装→组合体吊装→单叶片吊装→电气系统安装。

风机部件组装及海上运输：由生产厂家在陆上完成塔筒、机舱、轮毂、风叶等主要部件的预组装，然后通过轨道移动台车运输至码头，采用履带吊等设备吊放到运输驳船上。风机部件安放完成后使用拖轮将运输驳拖航至风场指定位置。

塔筒内风机电器设备甲板面组装：在下段塔筒吊装之前，预先将塔筒内风机电器设备在船甲板面组装。将基础平台吊装于甲板面，测量距离调整进行固定。基础平台吊装后，随即将相关电气设备吊放至支架平台上固定定位。

吊装下段塔筒：使用 250t 辅吊与 1000t 主吊共同抬吊立起塔筒组件。在上下两端法兰盘分别安装好塔筒吊装工装件（顶端均布安装四点，底端安装两点）。下段采用辅吊抬吊塔筒下法兰，主吊抬吊塔筒上法兰。将塔筒起吊至垂直位置时，

拆除辅吊及吊具，使用引导绳引导，由主吊单独完成塔筒吊装就位工作。将塔筒垂直放置，然后将电器设备在上进行组装。塔筒位置确定后用螺栓进行安装，符合要求后按照上述方法重复进行中塔筒、上塔筒的安装。

**机舱与轮毂组装：**通过自升式平台施工船的主吊机将机舱（包括运输底座）从运输船上起吊至平台甲板上指定位置，利用甲板上的辅助吊机安装机舱避雷支架等附属件。将轮毂利用履带吊吊机主钩与轮毂完成挂钩后，将轮毂与运输工装的连接件全部拆除。通过吊机在空中将轮毂翻身 90°。然后将轮毂与机舱法兰完成对接，形成组合体。待所有螺柱安装到位后，手动上紧螺母，然后使用拉伸器紧固螺栓。

**组合体吊装：**挂好机舱组合体专用吊具；拆掉下部运输支架；装上 2 根 150m 的风绳用于引导机舱组合体的方向；启动主吊，缓缓提起机舱组合体，调整机舱组合体位置；将机舱组合体提升超过上塔架的上法兰后，对准法兰标记位置，缓慢下落正确就位；在机舱组合体的偏航齿圈端面离塔架上法兰的距离有 1cm 时，吊机停止。用导向棒对准安装螺孔；用螺栓、垫片进行装配，对称装上几个螺栓，螺栓旋入 1cm 的螺纹；此时吊机下落到两端面接触，吊机还要负荷 1/2 机舱的重量；安装人员按螺栓紧固工艺要求使用电动或液压扳手拧紧螺栓，给螺栓施加到规定到力矩，卸下吊具，吊机复位；安装完毕后进行下一步的线路的对接。

**单叶片吊装：**起吊第一片叶片，使叶片达到轮毂位置后，对接叶片和轮毂，安装螺母、垫片，紧固叶片螺柱，单叶片吊具脱钩，盘车，使轮毂转动，然后变桨，将叶片变桨到顺桨位置，同样方法安装第二、三片叶片。

**电气系统安装：**依次安装箱变、高低压柜及电缆等电气设备。

### **2.3.1.3 海缆敷设施工**

本工程海缆敷设主要包括风机与风机之间、风机与海上升压站之间的 66kV 海底电缆。根据水深要求，本场地采用深埋方式。工程场址海域海床表层基本为淤泥质土，根据锚重与投入表层深度的关系，场内海缆敷设不小于 3m，铺缆正常海况条件为六级以下风力，海上正常条件下的敷设速度为 6~9m/min。

常规海缆敷设主要施工工艺如下：

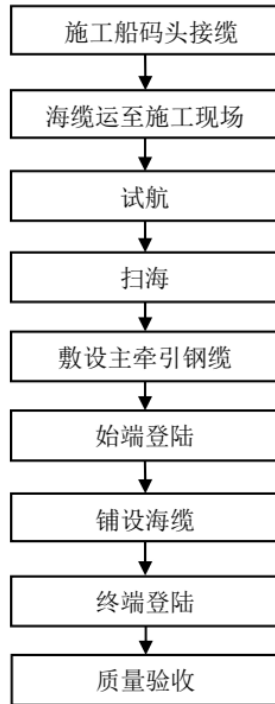


图 2.3.1-6 海缆敷设施工工艺

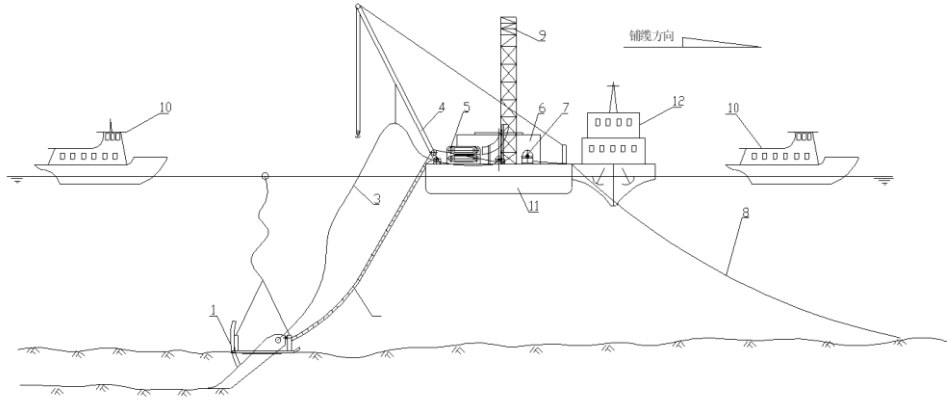
海缆深埋敷设施工可以分为施工准备、海缆敷设、后续保护和电缆试验 4 个主要阶段。

#### (1) 平台登陆段敷埋

本阶段对于风机基础，采用外挂“J”管式登陆工艺。风机平台海缆登陆需穿过与桩基固定的“J”管，登平台前应将钢丝绳置换“J”管内预先设置的牵引绳索，用船上绞车将电缆由海底通过“J”管口牵引至平台塔筒内预定位置。

#### (2) 中间海域段敷埋

海缆中间段敷埋过程中，根据海缆敷设和深埋先后顺序，分为先敷后埋和敷埋同步 2 种方式。本阶段推荐采用敷埋同步方式，确保海缆埋深 3m。建议施工单位采用含 DP 的高精度海缆敷设船进行敷设施工，并在海缆敷设完成对所有海缆进行扫测并提供扫测报告。



1.水力喷射埋设机, 2.导缆笼、电缆及拖曳钢丝绳, 3.高压输水胶管, 4.起重把杆, 5.履带布缆机、计米器、入水槽等, 6.储缆圈, 7.牵引绞车, 8.牵引钢丝绳, 9.退扭架, 10.警戒船, 11.电缆敷埋施工船, 12.拖轮。

图 2.3.1-7 海底电缆敷设施工

### (3) 终端登陆

在海缆终端登陆前，已完成终端登陆的施工准备工作，具备登陆条件。准确测量登陆长度后，在施工船上截下余缆，并对截断海缆两端进行铅包封堵工作，防止海缆截断后外界环境对电缆造成电气性能及绝缘影响，确保海缆埋设及后续工作质量海缆截断封堵结束后，进行海缆的终端登陆。

海底电缆在风机平台的登陆，需穿过与桩基固定的“J”管，登平台前应将钢丝绳置换“J”管内预先设置的牵引绳索，用船上绞车将电缆由海底通过“J”管口牵引至平台塔筒内预定位置。

### (4) 海缆保护

本工程海缆敷设主要为风机与风机之间的 66kV 海底电缆。工程海域海床表层土为新近沉积淤泥土，登陆部分为海涂和浅滩，推荐的海缆敷设方式为直埋方式，建议采取以下防护措施进行海缆保护。

1) 建设单位应按照国家法律法规，维护自己的合法权益，保护海底电缆的安全。

2) 海缆敷设完成后，建议在海缆 J 型管出口处采取抛填碎石或水泥压块等措施进行海缆保护。

3) 在工程运行过程中，若因海床整体演变等原因造成海底电缆外露，需根据外露区域的工程地质条件选择合适的后续保护工程，如抛填级配块石，设置预制水泥盖板，布设钢丝铅笼网兜等设施。



图 2.3.1-8 水泥压块保护示意

## 2.3.2 施工设备

### 2.3.2.1 风电机组基础

若基础施工各工序均按 2 个工作面来考虑，则基础所需的船机设备见下表：

表 2.3.2-1 基础施工主要船机配置表

序号	名称及规格	单位	数量	用途	备注
1	主起重船	艘	2	钢管桩打桩	起升高度 100 米以上，起重能力 3000t 以上配导向架
2	液压打桩锤	个	2	钢管桩插打	2000KJ 级以上
3	主起重船	艘	2	上部基础吊装、稳桩平台安装	起重能力 3500t 级以上
4	甲板驳船	艘	2	钢管桩运输	8000t 级以上，每次运输 8 根，自航
5	甲板驳船	艘	2	上部基础运输	10000t 级以上，每次运输 2 个，自航
6	拖轮	艘	4	拖运、移位船只	5000HP 及以上
7	抛锚艇	艘	4	驳船、起重船等起抛锚	
8	交通艇	艘	2	接送人员	
9	补给船	艘	1	淡水与生活物资补给	

### 2.3.2.2 风电机组安装

按照风机分体式吊装方案，若考虑 2 个工作面进行风机分体安装，则施工需

投入的主要设备如下：

表 2.3.2-2 风机吊装主要船机配置表

序号	名称及规格	单位	数量	用途	备注
1	自升平台船	艘	2	风机吊装	1000t 主吊、250t 辅助吊，吊高 103m（距甲板）、插腿长 150m 以上
2	平板驳	艘	4	风机运输	10000t
3	拖轮	艘	2	起锚艇（拖轮）	5000HP
4	供给船	艘	2	淡水、油料	
5	交通艇	艘	2	场内交通	
6	多功能驳	艘	1	材料运输	5000HP

### 2.3.2.3 海缆敷设

项目海缆敷设施工主要铺缆设备和机具、电缆埋深设备、锚泊设备如下：

表 2.3.2-3 海缆敷设主要施工设备配置表

序号	名称	说明
主要铺缆设备和机具		
1	海缆转盘	储存电缆，载重 5000t 级，轨道转动，机械手盘放
2	电缆退扭系统	释放电缆扭应力
3	布缆机	将电缆从储缆圈经电缆桥拉至甲板
4	机械计米器	计量敷设海缆长度
5	入水槽	保证电缆入水角度和弯曲半径
主要电缆埋深设备		
6	电缆埋设机	海底电缆埋深，埋设犁挖深最大可达 5m
7	高压水泵	供水，扬程 300 米以上
8	高压水管	将高压水输送至埋设机
9	导缆笼	保证埋设机至船舷间电缆的张力和弯曲半径
10	海缆埋深监测系统	监测电缆的张力、埋深、偏差、缆长及水深、流速等
11	拖曳式潜水器综合监控导航系统	埋设机综合监控与水下导航定位系统
锚泊设备		
12	牵引绞车	牵引施工船前进
13	锚机	固定船位
14	海军锚	大抓力锚
15	钢丝绳	牵引、锚泊等

### 2.3.3 施工进度计划

本工程总工期计划为 16 个月。第 T+6 月初首批风机基础沉桩施工，第 T+8



月初首批导管架基础安装施工，第 T+9 月初首批风机安装施工，第 T+12 月底首批风机机组投产发电，第 T+16 个月底全部 29 台风机投产发电，项目竣工验收。

表 2.3.3-1 施工进度计划表

序号	项目	工期 (月)	计划开工 (月)	计划结束 (月)	备注
1	施工准备	2	T+1	T+2	主基地改造、 配置临建设施
2	导管架及钢管桩制造加工	9	T+3	T+11	
	非嵌岩四桩导管架沉桩施工	6	T+6	T+11	2 个工作面
3	导管架基础安装施工	6	T+8	T+13	2 个工作面
	首批风机机组安装	2	T+9	T+10	首批 4 台
4	剩余风机机组安装	4	T+11	T+14	2 个工作面
5	66kV 海缆敷设	6	T+10	T+15	工期跨度
	首批风机并网调试	2	T+11	T+12	
6	剩余批风机并网调试	5	T+12	T+16	
7	首批风机投产发电			T+12	里程碑
8	全部风机投产发电			T+16	里程碑

## 2.3.4 土石方平衡

本项目共建设 29 台海上风机和海底电缆。

29 台风电机组采用先桩法四桩导管架基础。桩基施工不涉及嵌岩桩，采用常规沉桩施工不产生钻渣。风机先桩法四桩导管架基础在导管架安装之前需对已完成沉桩的钢管桩内进行清孔，每台基础清孔产生泥沙约 4~8m<sup>3</sup>，按最大量计算，29 台风机基础产生泥沙约 232m<sup>3</sup>，可运至集控中心，参与集控中心的土方平衡。

敷设海底电缆采用埋设犁冲沟敷设、自动回淤保护的方式，没有多余土石方产生。

## 2.4 项目用海需求

### 2.4.1 项目用海需求

本项目规划装机容量为 400MW，拟建设 29 台 14MW 固定式风电机组、6 回 66kV 集电海底电缆。

#### 1、风机用海需求

本项目规划场址范围内拟布置 29 台 14MW 风机，风机基础均为四桩导管架基础结构，导管架桩径 3.5m，桩中心距为 30m，塔架中心点与塔架基础最外缘

点连线长度为 22.96m，因此 1 台四桩导管架风机桩基占用海域面积为 0.1656 公顷。

本项目风机用海面积根据《海籍调查规范》进行界定，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界，则风机申请用海面积有桩基中心点向外扩 72.96m 为半径的圆为四桩导管架基础风机的申请用海范围。本项目 29 台风机用海需求为 48.4967 公顷。

## 2、66kV 集电海缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过 66kV 集电海底电缆接入海上升压站。66kV 海底电缆三芯集电电缆宽度为 134.48mm-176.3mm，本项目取 176.3mm，66kV 集电海底电缆长度为 68.99km，66kV 集电海缆占用海域面积为 1.2163 公顷。

据《海籍调查规范》中海底工程用海对电缆管道的规定：“以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”，再结合海底电缆的布置，确定海底电缆用海需求为 139.1963 公顷。考虑到本项目 66kV 海缆与风机基础、升压站用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机基础和升压站用海优先，海底电缆次之，扣除风机、升压站用海与 66kV 集电海缆重叠面积，计算得出 66kV 集电海缆项目用海需求为 130.2567 公顷。

## 2.4.2 申请用海情况

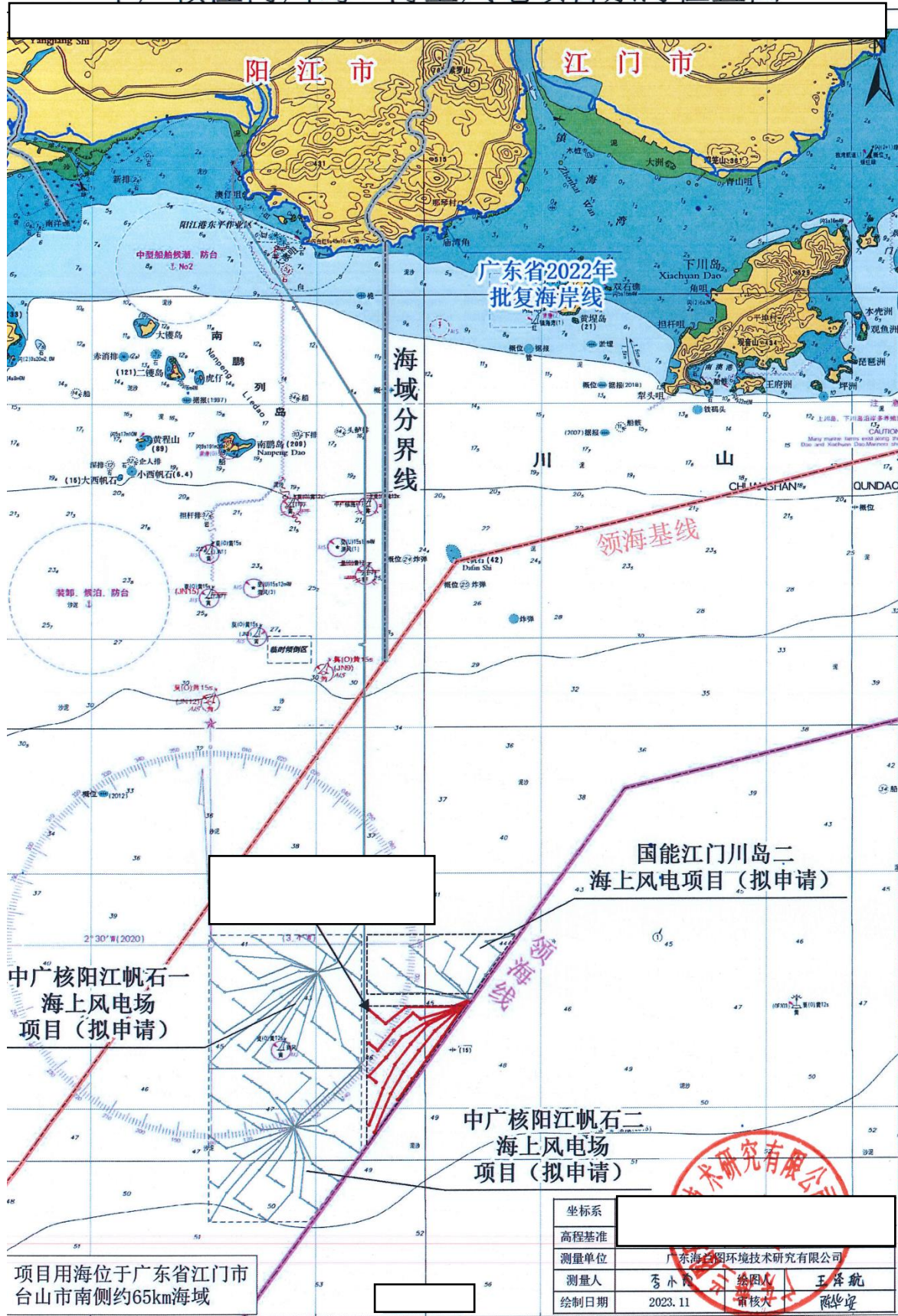
按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类），按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式包括透水构筑物用海（风力发电机组）、海底电缆管道用海（66kV 集电海缆），项目申请用海总面积 178.7534 公顷，其中透水构筑物用海面积共 48.4967 公顷，海底电缆管道用海总面积 130.2567 公顷。

本项目风机和 66kV 集电海缆均位于近海深水区域，距离最近的陆地约 65km，不占用大陆岸线和海岛岸线。

本项目风机的设计服务年限为 25 年，工程建设期为 16 个月，因此，项目申请海域使用期限为 27 年。

项目宗海位置图见图 2.4.2-1，项目宗海界址图见图 2.4.2-2。

# 中广核江门川岛一海上风电项目宗海位置图



项目用海位于广东省江门市台山市南侧约65km海域

坐标系	
高程基准	
测量单位	广东海台环境技术有限公司
测量人	李小明 绘图人 王泽航
绘制日期	2023.11 审核人 陈华安

图 2.4.2-1 项目宗海位置图

中广核江门川岛一海上风电项目宗海界址图

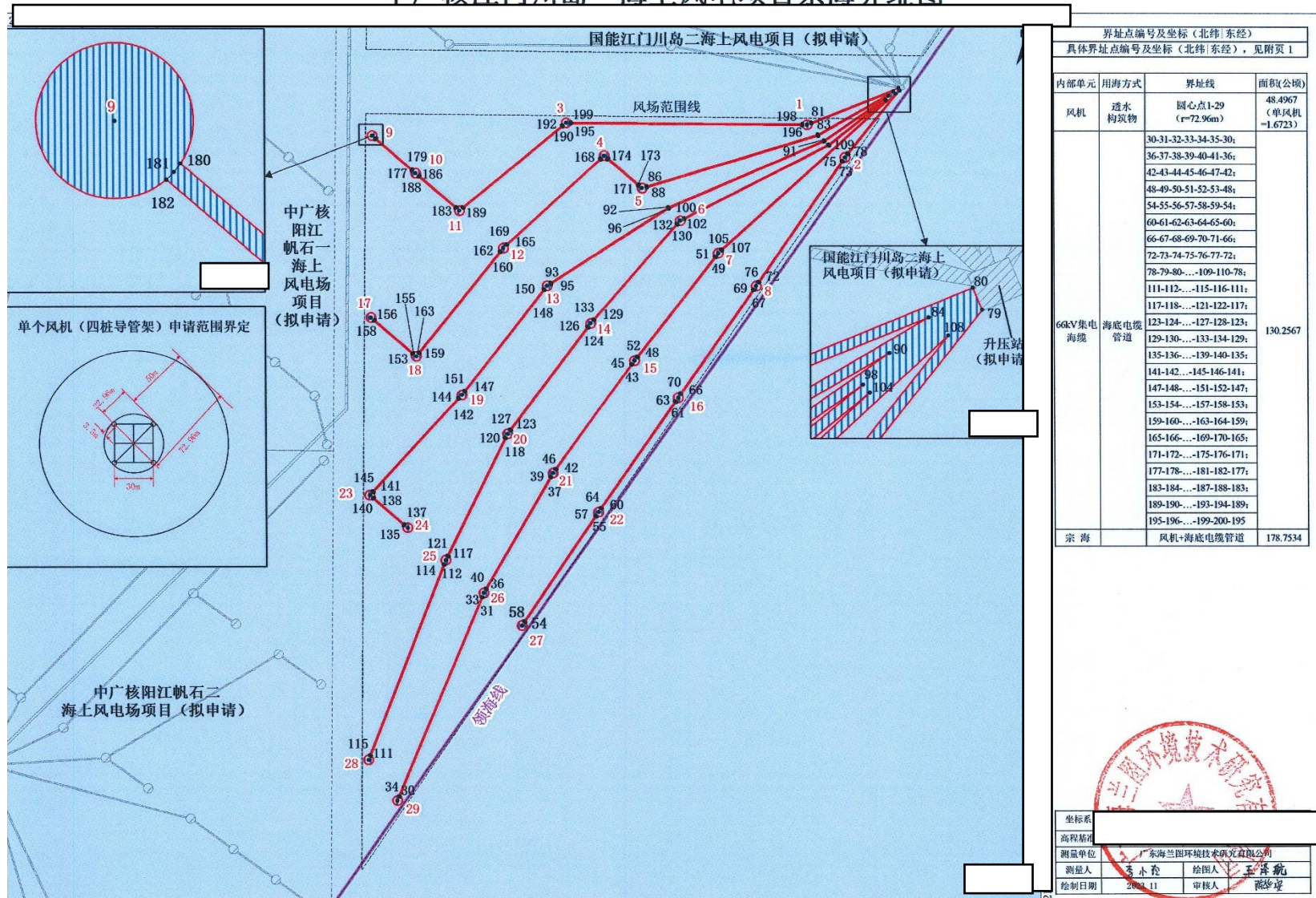


图 2.4.2-2 项目宗海界址图

表 2.4.2-1 项目宗海界址点续表 1（略）

表 2.4.2-2 项目宗海界址点续表 2（略）

表 2.4.2-3 项目宗海界址点续表 3（略）

## 2.5 项目用海必要性

### 2.5.1 项目建设必要性分析

#### (1) 适应国家新能源政策和发展趋势

2020年12月16日至18日召开的中央经济工作会议明确要求：我国二氧化碳排放力争2030年前达到峰值，力争2060年前实现碳中和。要抓紧制定2030年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。要加快调整优化产业结构、能源结构，推动煤炭消费尽早达峰，大力发展新能源，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。风电作为发电成本最接近常规能源的新能源之一，将是实现碳达峰、碳中和目标的重要支撑。

本风电场位于江门市台山市南侧海域，离岸最近距离约65km，是江门以及广东重要的海上风电项目，其建设能够适应国家新能源发展的政策需求，有效促进节能减排。

#### (2) 推动可再生资源开发利用，有利于经济与环境的协调发展

广东省大陆海岸线总长达4000km以上，海域面积广阔，沿海处于亚热带和南亚热带海洋性季风气候区，风力资源丰富，风能资源不仅是广东省能源供应的有效补充，地区经济发展的持续助力，而且作为绿色电能，风电的发展将有效减少二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、二氧化碳（CO<sub>2</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）等多种大气污染物的排放。

本项目的建设有助于开发广东海上风能资源，提高地区能源供应能力，缓解电力工业的环保压力，助力地区经济的低碳持续发展，社会效益显著。

#### (3) 有利于提高相关产业水平，推进广东海上风电发展

目前，广东省海上风电尚处于起步阶段，本风电场位于江门市台山市南侧海域，具备良好的开发条件。项目的开发建设，有利于加快海上风电技术水平的发展，有利于促进海上风电设备国产化，有利于促进海上风机基础选型与施工技术的创新。本项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为后续近海深水区海上风电建设和广东省海上风电规模化开发提供宝贵经验和示范。

#### (4) 开发海洋经济增长点，促进地区经济社会发展

本工程的建设充分利用了江门沿海资源，对于地区相关产业如建材、交通、

设备制造业的发展起到带动作用，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，有利于地区经济社会的全面发展。随着海上风电场的相继开发，海上风电将为沿海地区开辟新的海洋经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

#### **(5) 项目建设符合《“十四五”现代能源体系规划》关于建设海上风电基地的规划目标**

2022年1月，国家发改委、国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》（以下简称《规划》）。主要阐明我国能源发展方针、主要目标和任务举措，是“十四五”时期加快构建现代能源体系、推动能源高质量发展的总体蓝图和行动纲领。

《规划》要求，大力发展非化石能源，加快发展风电、太阳能发电。全面推进风电和太阳能发电大规模开发和高质量发展，优先就地就近开发利用，加快负荷中心及周边地区分散式风电和分布式光伏建设，推广应用低风速风电技术。在风能和太阳能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电和光伏发电集中式开发，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目建设，积极推进黄河上游、新疆、冀北等多能互补清洁能源基地建设。积极推动工业园区、经济开发区等屋顶光伏开发利用，推广光伏发电与建筑一体化应用。开展风电、光伏发电制氢示范。鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深水远岸区域布局。积极发展太阳能热发电。

根据《规划》“专栏3”，能源绿色低碳转型工程中的风电和光伏发电：积极推进东部和中部等地区分散式风电和分布式光伏建设，优化推进新疆、青海、甘肃、内蒙古、宁夏、陕北、晋北、冀北、辽宁、吉林、黑龙江等地区陆上风电和光伏发电基地化开发，重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。

广东省是全国能源消费大省，煤炭和石油仍是主要的能源消费方式。因此，积极发展海上风电，逐步推进海上风电规模化发展，是“十四五”期间全省能源发展建设，提升全省能源生产供应能力，能源消费结构进一步优化的重要措施。本项目属于海上风电项目，积极推进本项目的建设，既能满足江门市电力需求增长的需要，又能促进广东经济低碳、可持续发展的需要，更是适应我国新常态下能源革命新形势、符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。

#### **(6) 项目建设符合《2030年前碳达峰行动方案》的要求**



2021年10月26日，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》）。《方案》围绕贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和的重大战略决策，按照《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》工作要求，聚焦2030年前碳达峰目标，对推进碳达峰工作作出总体部署。

《方案》提出能源绿色低碳转型行动，要求大力发展新能源。全面推进风电、太阳能发电大规模开发和高质量发展，坚持集中式与分布式并举，加快建设风电和光伏发电基地。加快智能光伏产业创新升级和特色应用，创新“光伏+”模式，推进光伏发电多元布局。坚持陆海并重，推动风电协调快速发展，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地。积极发展太阳能光热发电，推动建立光热发电与光伏发电、风电互补调节的风光热综合可再生能源发电基地。因地制宜发展生物质发电、生物质能清洁供暖和生物天然气。探索深化地热能以及波浪能、潮流能、温差能等海洋新能源开发利用。进一步完善可再生能源电力消纳保障机制。到2030年，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上。

广东省省内电源装机以火电机组为主，节能减排压力巨大，大力发展核电、风电等新能源产业，是实现电力能源结构优化的必由之路。广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件。

本项目的开发建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，实现2030年前碳达峰目标有着重要的意义。

#### **（7）项目建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》**

根据《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》，综合考虑建设条件、产业基地配套和项目经济性等因素，全省规划海上风电场址23个，总装机容量6685万千瓦。包括：近海浅水区（35米水深以内）海上风电场址15个，装机容量985万千瓦；近海深水区（35-50米水深）规划海上风电场址8个，装机容量5700万千瓦。

根据《广东发展和改革委员会关于调整全省海上风电场场址的通知（粤发改能源函〔2023〕48号）》将《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》场址调整情况通知如下：“一、新增省管海域（领海线以内）海上风电场址7个、装机容量1830万千瓦，其中珠三角海域共新增场址2个，包括江门川岛场址和珠海高栏场址。江门川岛场址位于江门市大帆石海洋保护区南侧海域，场址最近端距离陆岸约47公里，最远端距离陆岸约77公里。场址面积约272平方公里，水深在36-49米之间，规划装机容量170万千瓦。”

本项目为中广核江门川岛一海上风电项目，位于新增的江门川岛场址内，装机容量为400MW，项目建设符合《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》。

#### **（8）项目建设符合《广东省能源发展“十四五”规划》要求**

2022年3月，广东省人民政府发布《广东省能源发展“十四五”规划》（以下简称《规划》）。《规划》提出，能源产业发展更加集聚。坚持新能源项目开发和龙头企业带动、技术创新引领，推进能源产业集聚发展，大力发展先进核能、海上风电、太阳能等优势产业，加快培育氢能、储能、智慧能源等新兴产业，建设差异化布局的新能源产业集聚区。到2025年前，全省新能源产业营业收入达7300亿元，形成国内领先的新能源产业集群。

《规划》提出，大力发展海上风电，规模化开发海上风电，推动项目集中连片开发利用，打造粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地，“十四五”时期新增海上风电装机容量约1700万千瓦。

《规划》提出，推动海上风电产业集聚发展。充分利用海上风能资源丰富的优势，加快海上风电规模化开发，加快建设阳江海上风电全产业链，以及粤东海工、运维及配套组装基地建设，积极推进产城融合，着力打造风电产业生态系统，打造国际风电城，以省内风机骨干企业为引领，利用超大市场优势，做大做强海上风电装备制造业，加快形成集整机制造和前沿新材料、叶片、齿轮箱、轴承、电机、变流器、控制系统等关键零部件制造，以及基础结构、海底电缆等设计建设为一体的高端制造产业链集群，推进海上风电机组向大容量、智能化、抗台风方向发展，加快培育海上风电运维产业，统筹布局海上风电运维基地，配套相关基础设施，组织开展运维技术设备研发制造和专业队伍建设。

本项目符合《规划》要求和国家能源发展政策方针，对于减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，推动提高我国大容量海上风电机组的国产化水平，促进当地旅游业、带动地方经济快速发展，提高风电场近区供电能力都有着重要的意义。

本项目为电力工业用海。根据《产业结构调整指导目录》（2019年本，2021年修改），本项目属于“五 新能源 12、海上风电场建设与设备及海底电缆制造”，为鼓励类符合国家产业结构政策要求。根据《市场准入负面清单》（2022版），在获得许可的前提下，项目不属于禁止准入类，与《市场准入负面清单》要求相符。

综上所述，本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，适应广东海上风电发展规划，有利于推动可再生能源的开发利用和节能减排，有利于带动风电产业链和第三产业的发展，增加就业机会，促进地方经济的持续发展。

## 2.5.2 项目用海必要性分析

本项目作为风电项目，根据国外开发风电的经验，风电场场址宜选择在风能资源条件优良、风力稳定，海流流速低，海床地质条件适宜的海域。离岸越远，受陆地障碍物影响越小、摩擦损失越小、海面越广阔越有利于风速的恢复。

广东省濒临中国南海，海上及沿岸具有丰富的风能资源，本项目建设有利于清洁能源的利用。本项目的建设包括海上风机、海底输电电缆等涉海工程，风机基础等均采用导管架基础形式，桩基插入海床，风机架设在海面上方，必将占用一定的海域；项目建设多条海底电缆，海底电缆埋入海床，必将占用一定的海床及底土。从项目的建设特点来看，其建设内容和性质决定了其用海的必要性，因此，本项目海上风电场建设及海底电缆铺设将占用一定的海域。

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地和岸线资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，本项目用海，且占用该海域都是必要的。

因此，本工程项目用海是必要的。

## 3 项目所在海域概况

### 3.1 海洋资源概况

#### 3.1.1 岸线资源

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆距离陆地最近约 65km，送出海缆另行申请，本次不含。本项目用海不占用岸线，论证范围不涉及岸线资源，不对岸线资源进行介绍。

#### 3.1.2 滩涂资源

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆距离陆地最近约 65km，不占用滩涂资源，论证范围不涉及滩涂资源，不对滩涂资源进行介绍。

#### 3.1.3 岛礁资源

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆距离最近的大帆石 37.8km，不占用岛礁资源，论证范围不涉及岛礁资源，不对岛礁资源进行介绍。

#### 3.1.4 港口资源

根据《江门港总体规划》（江门市交通运输局，2015 年 2 月），江门港划分为广海湾、恩平、新会、主城、开平、鹤山、台山等七大港区，各港区规划包括数量不等的作业区。

台山港区主要是指建在台山市北面潭江公益大桥下游的公益港。现有 1000 吨级泊位 4 个，设计通过能力 60 万吨，货类主要为集装箱、钢铁、有色金属等，进出地多为港澳地区。

#### 3.1.5 渔业生产资源

根据《江门统计年鉴 2022》，江门市台山水产养殖面积 430380 公顷，其中海水养殖面积 271035 公顷，淡水养殖面积 159345 公顷。江门市台山水产品产量 414578 吨，其中淡水产品 156241 吨，海水产品 258337 吨。渔业产值 119.04 亿元，占农林牧渔业总产值的 62.3%。

### 3.1.6 风能资源

由于本工程海上风电场的专用海上测风设备尚未建设,场址内尚无实测资料可以利用,本节根据周边风电场风能资源情况进行风能参数分析。

根据《中广核阳江帆石一海上风电场项目可行性研究报告》(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司,2022年11月),轮毂高度151.2m和155.7m处长年代年平均风速分别为8.15m/s、8.17m/s,平均风功率密度分别为521W/m<sup>2</sup>、525W/m<sup>2</sup>,风能资源较为丰富。轮毂高度处主导风向为ENE,主导风能风向为ENE,风向风能相对集中。轮毂高度处50年一遇10min平均最大风速56~56.1m/s,3s瞬时极大风速为75.6~75.7m/s。

### 3.1.7 矿产资源

根据《江门市矿产资源总体规划(2021-2025年)》,截止2020年底,已探明资源储量的有48种,累计发现矿产地(矿点)275处,其中能源矿产2种,矿产地16处;金属矿产17种,矿产地47处;非金属矿产27种,矿产地(矿点)171处;水气矿产2种,矿产地41处。其中大、中型矿床有31处,小型矿床171处,矿点73处。

### 3.1.8 旅游资源

江门台山市是旅游大市,首批国家全域旅游示范区,省内著名的生态休闲旅游度假胜地,全国县域旅游发展潜力百佳县,连续十届被评为“广东省县(市)域旅游综合竞争力十强县”。台山旅游资源丰富,拥有“山湖泉海林、湾侨石岛楼”十大旅游资源,以及“滨海风光、温泉养生、田园牧歌、华侨文化、海丝史迹、红色经典、台山排球、影视基地”八大文旅品牌。目前,主要的旅游景区(景点)45个,包括国家4A级旅游景区3个、3A级旅游景区8个,川山群岛旅游景区、那琴半岛、五丰村、康桥温泉、梅家大院等景区(景点)远近闻名。

## 3.2 海洋生态概况

### 3.2.1 区域气候与气象

#### 3.2.1.1 气温

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003年~2022年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均温度为23°C，7月份平均气温最高为28.9°C，1月份平均温度最低为14.6°C。近20年气温呈现上升趋势，2016、2019年年平均气温最高（23.9°C），2011年年平均气温最低（22°C）。

#### 3.2.1.2 降水

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003年~2022年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均降雨量为1903.2mm，最大日降水量为274.8mm，出现在2008年6月6日。

#### 3.2.1.3 相对湿度

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003年~2022年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均相对湿度为77.4%。

#### 3.2.1.4 风况

根据台山气象站（112.7858°E，22.2472°N）2003年~2022年的长期气候统计资料，台山气象站多年平均风速为2.1m/s，12月份平均风速最大为2.7m/s，8月份平均风速最小为1.7m/s。根据近20年资料分析，2011年年平均风速最大（2.4米/秒），2003年年平均风速最小（1.9米/秒）。年主要风向为N、NNE、S，年均频率合计为41.7%，其中以N为主风向，占到全年16.6%左右。

表 3.2.1-1 台山市近 20 年月平均风速变化统计表（单位：m/s）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
风速	2.4	2.2	2.2	2	2	2	1.9	1.7	1.9	2.2	2.4	2.7	2.1

表 3.2.1-2 台山气象站年风向频率统计表（单位：%）

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
频率	16.6	13.5	5.2	3.4	2.7	3.0	3.9	7.1	11.6
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	/
频率	6.6	3.7	1.9	2.3	2.4	3.9	6.3	5.8	/

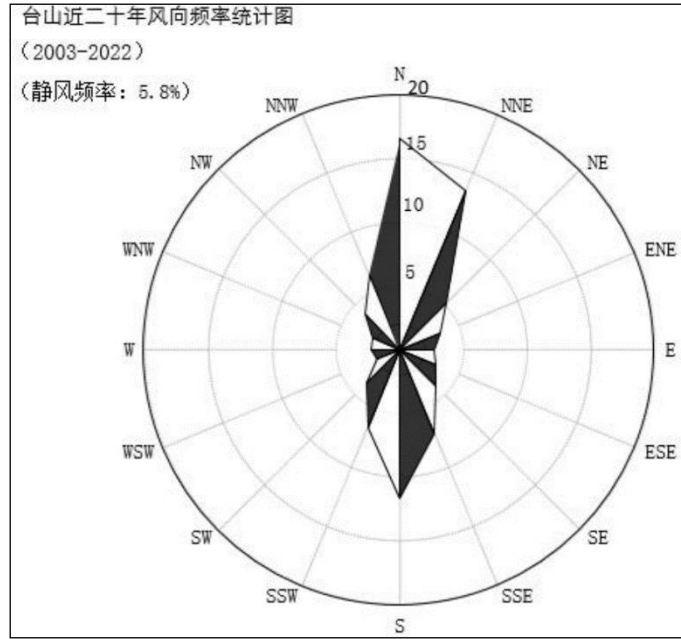


图 3.2.1-1 台山市近 20 年风向玫瑰图

### 3.2.2 水文动力

本节引用《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目水文观测及海洋环境现状调查-冬季全潮水文观测分析报告》(2020 年 7 月)中, 2019 年 1 月在项目附近海域进行的水文观测数据。

#### 3.2.2.1 调查概况

本次水文观测共布设海流、悬沙全潮定点连续观测站 12 个, 为 C1 站~C12 站, 水温、盐度全潮定点连续观测站 6 个, 为 C1 站~C6 站, 简易风速风向全潮连续观测站 2 个, 为 C11 站和 C12 站, 周月潮位连续观测站 2 站, 为 T1 站和 T2 站。站位坐标以及观测内容见表 3.2.2-1a, 位置如图 3.2.2-1 所示。连续观测站 2 个, 为 C11 站和 C12 站, 周月潮位连续观测站 2 站, 为 T1 站和 T2 站。站位坐标以及观测内容见表 3.2.2-1b, 位置如图 3.2.2-1 所示。

表 3.2.2-1a 2019 年 1 月观测站位坐标

站号	大潮		中潮		小潮	
	经度 (E)	纬度 (N)	经度 (E)	纬度 (N)	经度 (E)	纬度 (N)
C1	112°11.767'	21°10.292'	112°11.729'	21°10.252'	112°11.705'	21°10.230'
C2	112°14.929'	21°10.440'	112°14.839'	21°10.491'	112°14.973'	21°10.549'
C3	112°11.724'	21°05.082'	112°11.654'	21°05.053'	112°11.894'	21°05.054'
C4	112°15.091'	21°05.109'	112°15.217'	21°05.074'	112°15.165'	21°05.077'
C5	112°11.711'	20°59.820'	112°11.711'	20°59.890'	112°11.758'	20°59.865'

站号	大潮		中潮		小潮	
	经度 (E)	纬度 (N)	经度 (E)	纬度 (N)	经度 (E)	纬度 (N)
C6	112°15.062'	20°59.917'	112°15.255'	20°59.851'	112°15.255'	20°59.851'
C7	112°00.507'	21°01.810'	112°00.501'	21°01.799'	112°00.501'	21°01.799'
C8	112°00.522'	21°09.043'	112°00.502'	21°09.007'	112°00.502'	21°09.007'
C9	112°25.741'	21°01.800'	112°25.784'	21°01.800'	112°25.784'	21°01.800'
C10	112°24.687'	21°10.964'	112°24.687'	21°10.964'	112°24.687'	21°10.964'
C11	112°12.656'	20°53.076'	112°12.547'	20°53.064'	112°12.547'	20°53.064'
C12	112°14.019'	21°20.605'	112°14.074'	21°20.572'	112°14.074'	21°20.572'
观测时间	2019年1月5日23时~2019年1月7日0时		2019年1月10日16时~2019年1月11日17时		2019年1月13日16时~2019年1月14日17时	

表 3.2.2-1b 2019 年 1 月潮位观测站位坐标

站号	大潮		观测时间
	经度 (E)	纬度 (N)	
T1	111°38.261'	21°31.624'	2018年12月16日0时~
T2	112°13.217'	21°43.983'	2019年1月15日23时

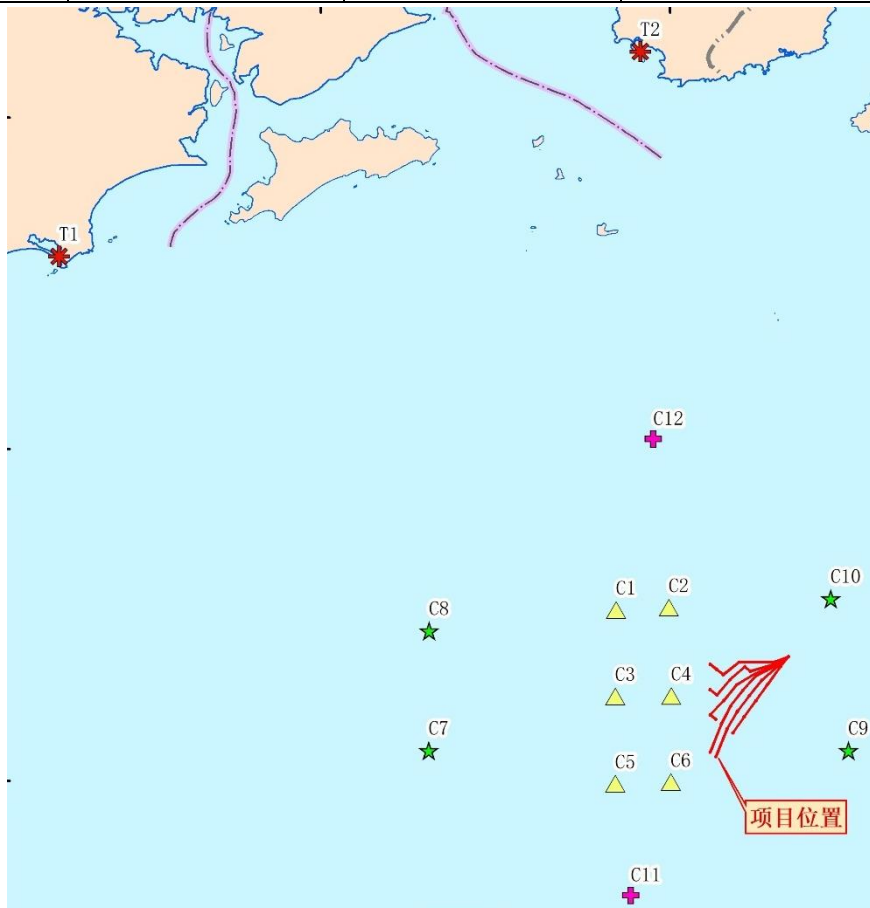


图 3.2.2-1 2019 年 1 月全潮水文观测站位布设图

### 3.2.2.2 基面关系

临时潮位站河北 (T1 站)、东平 (T2 站) 观测从 2018 年 12 月 16 日起至



2019年1月15日结束，观测时长1个月。潮位仪设置采样间隔10min，回收时数据完整良好，数据处理按规范进行气压和水尺订正。此外，收集了闸坡海洋站（T3站）同步潮位资料，所有潮位站均统一至1985国家高程基准，基面关系见图3.2.2-2。

图 3.2.2-2 基面关系图（略）

### 3.2.2.3 观测期间海况

大潮观测期间，调查海区的风向主要为东风和东北风，风速在3.6m/s~7.5m/s之间，平均风速为5.7m/s，风力多为3级~4级，为微风和和风，海况2级~3级。

中潮观测期间，调查海区的风主要为东风，部分时段吹东北风，风速在2.3m/s~10.2m/s之间，平均风速为5.4m/s，风力在5级以下，多为3级~4级，为微风、和风和劲风，海况3级~4级。

小潮观测期间，调查海区的风为东风，风速在4.5m/s~8.7m/s之间，平均风速为6.5m/s，风力在5级以下，多为3级~4级，为微风、和风和劲风，海况3级~4级。

综上，整个观测期间，风主要为东风，部分时段为东北风，海况基本在2级~4级，适合海上观测作业。

### 3.2.2.4 潮位

各站的潮汐性质系数F值在1.25~1.30之间变化，说明本海区的潮汐类型为不正规半日潮，各分潮中半日分潮占主导地位。

观测海区观测期间的平均海面在67cm~76cm之间（85国家基面），观测海区的平均潮差在132cm~139cm之间，最大潮差的最大值为340cm。总体而言，本海区潮汐作用较弱，属于弱潮海区。从平均涨、落潮历时来看，各测站平均涨潮历时均小于平均落潮历时。

### 3.2.2.5 实测海流

#### （1）大潮期海流

从海流的流态来看，海流具有旋转流特征。从表层到底层，各站各层海流形态较为相似，海流主导流向为NW，海流方向范围为SE~NW，中底层流向与表

层流向基本一致。大潮观测期间，各站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致，各站海流表现出涨潮流的主流向为偏 NW，落潮流的主流向为偏 SE。各站的涨潮期流速大于落潮期流速。

从流速来看，大潮期的最大海流流速为 64.8cm/s，其次为 64.6cm/s，分别出现在 C12 站表层和 0.2H，流向分别为 235°和 282°。各站最大平均流速为 38.7cm/s，为 C12 站表层，最小平均流速为 10.2cm/s，为 C2 站底层。在空间分布上，各站点流速、流向较为相近；在垂向分布上，C1、C9、C11、C12 站最大流速出现在表层，C2、C3、C4、C6、C10 站最大流速出现在 0.2H，C7、C8 站的最大流速出现在 0.4H，C5 站的最大流速出现在 0.6H，各站各层流速、流向也较为相近外，表层流速要大于底层流速，基本呈递减规律；在数值上，各站的垂线平均流速与 0.6H 平均流速较为相近。C12 站流速较大，其余各站流速接近。

图 3.2.2-3a 大潮期各站表层海流矢量图（略）

图 3.2.2-3b 大潮期各站 0.2H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-3c 大潮期各站 0.4H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-3d 大潮期各站 0.6H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-3e 大潮期各站 0.8H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-3f 大潮期各站底层海流矢量图（略）

## （2）中潮期海流

从海流的流态来看，中潮期各站海流呈现出旋转流特征，海流主要流向为 W。从表层到底层，各站各层海流形态较为相似，海流方向范围为 SW~NW。中潮观测期间，各站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致，各站的涨潮期流速大于落潮期流速。

与大潮期相比，中潮期各站流速有所减小，各站海流表现出涨潮流的主流向为偏 NW，落潮流的主流向为偏 S。中潮期的最大海流流速为 64.0cm/s，其次为 62.6cm/s，分别出现在 C12 站表层和 0.2H，流向分别为 272°和 286°。各站最大平均流速为 33.9cm/s，为 C12 站表层，最小平均流速为 12.6cm/s，为 C4 站底层。

在垂向分布上，各站各层流速、流向也较为相近外，次表层流速要大于底层流速，基本呈递减规律；在数值上，各站的垂线平均流速与 0.6H 平均流速较为相近。

图 3.2.2-4a 中潮期各站表层海流矢量图（略）

图 3.2.2-4b 中潮期各站 0.2H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-4c 中潮期各站 0.4H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-4d 中潮期各站 0.6H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-4e 中潮期各站 0.8H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-4f 中潮期各站底层海流矢量图（略）

### （3）小潮期海流

从海流的流态来看，小潮期各站海流亦呈现出旋转流特征，与大潮期和中潮期类似，海流流向主要为 W，海流方向范围为 S~NW，明显受到粤西沿岸流影响。从表层到底层，各站各层海流形态较为相似，底层流向范围沿两侧扩展。小潮观测期间，各站实测海流呈现不正规半日潮流特征，各站各层流向较为一致。

与大潮期和中潮期相比，小潮期各站流速有所减小，小潮期的最大海流流速为 43.9cm/s，其次为 43.1cm/s，分别出现在 C10 站 0.2H 和表层，流向分别为 277° 和 254°。各站的涨潮期流速大于落潮期流速。各站海流表现出涨潮流的主流向为偏 NW，落潮流的主流向为偏 S。各站最大平均流速为 27.0cm/s，为 C7 站表层，最小平均流速为 12.2cm/s，为 C12 站底层。在空间分布上，各站海流流速大小接近。

在垂向分布上，各站各层流速、流向也较为相近外，表层流速要大于底层流速，基本呈递减规律；在数值上，各站的垂线平均流速与 0.6H 平均流速较为相近。

图 3.2.2-5a 小潮期各站表层海流矢量图（略）

图 3.2.2-5b 小潮期各站 0.2H 海流矢量图（略）

图 3.2.2-5c 小潮期各站 0.4H 海流矢量图 (略)

图 3.2.2-5d 小潮期各站 0.6H 海流矢量图 (略)

图 3.2.2-5e 小潮期各站 0.8H 海流矢量图 (略)

图 3.2.2-5f 小潮期各站底层海流矢量图 (略)

### 3.2.2.6 潮流

#### (1) 潮流性质

C7 站表层的系数大于 4, 潮流类型为正规全日潮流, C8 站表层的系数大于 2 且小于 4, 潮流类型为不正规全日潮流, 其余各站点各层次的系数都大于 0.5 且小于 2, 潮流类型为不正规半日潮流。由此可见, 调查海区潮流类型主要为不正规半日潮流。

#### (2) 潮流的运动形式及潮流椭圆要素

本海区潮流主要以  $M_2$ 、 $K_1$  和  $O_1$  分潮流为主, 其次是  $S_2$ , 浅水分潮流  $M_4$  和  $MS_4$  的量值较小。最大  $K_1$  和  $O_1$  分潮流均出现在 C11 站表层, 分别为 11.0cm/s 和 9.3cm/s, 最大  $M_2$  和  $S_2$  分潮流均出现在大潮期 C12 站 0.2H, 分别为 15.9cm/s 和 6.9cm/s, 最大  $M_4$  和  $MS_4$  分潮流均出现在大潮期 C11 站表层, 分别为 4.0cm/s 和 2.7cm/s。

C1~C12 站各层  $M_2$ 、 $K_1$  和  $O_1$  分潮流的  $k$  值绝对值大部分大于 0.2,  $O_1$ 、 $K_1$ 、 $M_2$ 、 $S_2$ 、 $M_4$ 、 $MS_4$  分潮流  $k$  值的最大值分别为 0.85、0.85、0.25、0.25、0.75、0.75, 说明观测期间的潮流以旋转流为主。各站层各分潮流的椭圆率有正有负, 表明观测海区潮流顺时针和逆时针旋转都有, 但工程区域潮流则以逆时针旋转性质为主。

各站层的分潮流运动方向主要为 NW~SE, 其次为 W~E。

图 3.2.2-6a 各站各层  $O_1$  分潮的长轴分布图 (略)

图 3.2.2-6b 各站各层  $K_1$  分潮的长轴分布图 (略)

图 3.2.2-6c 各站各层  $M_2$  分潮的长轴分布图 (略)

图 3.2.2-6d 各站各层 S<sub>2</sub> 分潮的长轴分布图（略）

图 3.2.2-6e 各站各层 M<sub>4</sub> 分潮的长轴分布图（略）

图 3.2.2-6f 各站各层 MS<sub>4</sub> 主要分潮的长轴分布图（略）

### （3）理论最大可能潮流

理论最大可能潮流流速的最大值出现在 C12 站 0.2H，为 52.0cm/s，流向为 SE。各站层的理论最大可能潮流流速极大值，C9 站出现在表层，C7 和 C8 站出现在 0.6H，其它各站都出现在 0.2H。各站流速极大值多出现在 0.2H。各站最大可能潮流流向基本近似为 SE，且随深度变化差异不明显。

### （4）余流

根据观测期实测风资料显示，调查海域大潮期、中潮期和小潮期都主要受到 E 风的影响，其次为 NE 风。

大潮期，受粤西沿岸流和偏 E 风的影响，各站表层整体的余流态势朝 W，中、底层余流方向与表层余流方向相近。观测期间 C12 站的表层流速最大，流速为 36.7cm/s，流向为 257°，其次是 C12 站的 0.2H，流速为 33.6cm/s，流向为 255°。余流流速大小的垂向变化不明显，各层的余流大小相近，这与余流受粤西沿岸流的影响较大有关。

中潮期与大潮期相似，受粤西沿岸流和偏 E 风的影响，各站表层整体的余流态势朝 W。各站各层余流方向也基本指向 W。观测期间 C12 站的表层流速最大，流速为 33.4cm/s，流向为 266°，其次是 C12 站的 0.2H，流速为 29.8cm/s，流向为 263°。余流流速大小的垂向变化不明显，各层的余流大小相近。

小潮期，各站表层整体的余流态势也朝 W。各站各层余流方向也基本指向 W。观测期间 C7 站的表层流速最大，流速为 26.6cm/s，流向为 282°，其次是 C12 站的表层，流速为 22.6cm/s，流向为 256°。余流流速大小的垂向变化不明显，各层的余流大小相近。

图 3.2.2-7a 大潮期余流平面分布图（略）

图 3.2.2-7b 中潮期余流平面分布图（略）

图 3.2.2-7c 小潮期余流平面分布图 (略)

### 3.2.2.7 水温和盐度

#### (1) 水温

大潮期平均水温为 20.11℃, 中潮期平均水温为 21.80℃, 小潮期平均水温为 21.90℃, 整体上表现为小潮期>中潮期>大潮期。

大潮期间, 各站水温从表层到底层逐渐降低, 表层和 0.2H 层温度较接近, 0.6H 层、0.8H 层和底层温度较接近; 中潮期间, C1~C4 站水温从表层到底层水温较接近, 在 1 月 11 日 12: 00 后垂向温度差异变大。C5~C6 站从表层到底层逐渐降低, 表层、0.2H 层、0.4H 层和 0.6H 层温度较接近, 0.8H 层与底层温度较接近; 小潮期间, 各站水温从表层到底层逐渐降低, 表层、0.2H 层和 0.4H 层温度较接近, 0.8H 层与底层温度较接近。大潮期间, 表、底层最大平均温差为 0.90℃, 发生在 C4 站, 最小平均温差为 0.08℃, 发生在 C3 站; 中潮期间表、表、底层最大平均温差为 0.48℃, 发生在 C6 站, 最小平均温差为 0.04℃, 发生在 C1 站和 C3 站; 小潮期间表、底层最大平均温差为 0.99℃, 发生在 C4 站, 最小平均温差为 0.62℃, 发生在 C1 站。

从空间分布上来讲, 大潮期间, 表层和 0.6H 层温度从西北到东南方向逐渐增加, 西北角的 C1 站的平均水温较低, 东南角的 C6 站平均水温较高; 底层温度大致呈现从北到南逐渐增加的趋势, 北部海域的 C1 站平均水温较低, 南部海域的 C5 和 C6 站平均水温较高。中潮期间, 表层、0.6H 层的海水温度从西北到东南方向逐渐增加, 西北角的 C1 站的平均水温较低, 东南角的 C6 站平均水温较高; 底层海水温度从西北到东南方向先增加后减小, C1 和 C6 站平均水温较低, C4 和 C5 站平均水温较高。小潮期间, 表层、0.6H 层和底层温度大致呈现从北到南方向逐渐增加的趋势, 北部海域的 C1、C2 站平均水温较低, 南部海域的 C5、C6 站平均水温较高。各站表层平均温度在 19.93℃~22.48℃之间, 0.6H 层平均温度在 19.77℃~22.26℃之间, 底层平均温度分布范围是 19.76℃~21.82℃。

#### (2) 盐度

大潮期平均盐度为 34.164, 中潮期平均盐度为 34.337, 小潮期平均盐度为 34.345。

大潮期间，C4 和 C6 站盐度从表层到底层逐渐增加，表层和 0.2H 盐度较接近，0.8H 层和底层盐度较接近；其他站位各层盐度随时间发生变化，总体表现为底层大于表层；中潮期间，各站各层的盐度垂向混合较好，相差不大，随时间基本没变化；小潮期间，各站位盐度从表层到底层逐渐增加，表层、0.2H 层和 0.4H 层盐度较接近，0.8H 层和底层盐度较接近，各层盐度随时间的变化不大。大潮期间表底层平均盐度差最大值为 0.180，发生在 C4 站，最小值为 0.002，发生在 C1 站。中潮期间表底层平均盐度差最大值为 0.015，发生在 C6 站，最小值为 0.001，发生在 C1 站和 C3 站。小潮期间表底层平均盐度差最大值为 0.057，发生在 C4 站，最小值为 0.006，发生在 C1 站。

从空间分布上来讲，大潮期间，表层盐度近岸的 C1、C2 站平均盐度最低，外海的 C5、C6 站平均盐度较高；中层盐度空间分布呈现出从西北向东南先减小后增加的趋势，西北部的 C1 盐度较低，东南部的 C6 站盐度较高；底层盐度空间分布呈现从西北向东南增加的趋势，西北角的 C1 站盐度较低，南部海域的 C6 站盐度较高；中潮和小潮期间，表层、0.6H 层和底层的盐度空间分布相似，近岸的 C1 站平均盐度最低，中部的 C3 站平均盐度最高，从北向南盐度呈现先增大后减小的趋势，外海 C6 的盐度比 C1 的盐度高。各站表层平均盐度在 33.985~34.468 之间，0.6H 层平均盐度在 33.977~34.479 之间，底层平均盐度分布范围是 33.987~34.479。

### 3.2.2.8 悬浮泥沙

#### (1) 悬沙含量及其分布特征

调查海域海水含沙量总体较低。实测最高含沙量为  $0.0081\text{kg}/\text{m}^3$ ，位于大潮期 C1 站的表层，实测最低含沙量为  $0.0002\text{kg}/\text{m}^3$ ，位于大潮期 C7~C9、C11 站的表层等，冬季全调查海域悬沙含量的平均值（大、中、小潮 12 个站所有样品的算术平均）为  $0.0017\text{kg}/\text{m}^3$ 。就各站各潮期平均含沙量（每个站每个潮 26 时次的悬沙含量算术平均，下同）而言，大潮期各站潮期平均含沙量在  $0.0014\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.0026\text{kg}/\text{m}^3$  之间，平均值为  $0.0019\text{kg}/\text{m}^3$ ；中潮期各站潮期平均含沙量在  $0.0010\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.0039\text{kg}/\text{m}^3$  之间，平均值为  $0.0015\text{kg}/\text{m}^3$ ；小潮期各站潮期平均含沙量在  $0.0012\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.0024\text{kg}/\text{m}^3$  之间，平均值为  $0.0016\text{kg}/\text{m}^3$ 。悬沙含量空间平面分布上，各站总体含沙量差别不大，均很低。大潮期在 C3 站形成略高的含沙

量中心，在 C6 站附近形成略低的含沙量中心，中潮期呈现西部略高，东部略低的分布态势，小潮期呈现出东西略高，中部略低的分布规律。垂向上，各站规律性不明显，没有呈现出明显地底层高，表层低的含沙量重力分异现象。半月变化的大、中、小潮期上，各站含沙量差别不大，没有表现出明显地大潮高、小潮低的一般特点。以上含沙量特点表明：海水含沙量可能受当地的潮流影响较小，主要控制因素可能是沿岸流。

### **(2) 悬沙含量周日变化特征**

含沙量在潮周期内在  $0.0002\text{kg/m}^3 \sim 0.0081\text{kg/m}^3$  之间不断波动，但各站总体波动幅度均很小。调查海域含沙量差别不大，较稳定，与潮周期内流速变化关系不密切，没有明显呈现出流速增大，含沙量升高的特性。

### **(3) 悬沙中值粒径大小及其分布特征**

调查海域悬沙颗粒较粗，但不同潮期的悬沙颗粒大小是不断变化的。大潮期各站的悬沙中值粒径的平均值在  $5.88\Phi \sim 6.32\Phi$  之间，平均值为  $6.11\Phi$ ；中潮期悬沙中值粒径的平均值在  $5.15\Phi \sim 6.02\Phi$  之间，平均值为  $5.66\Phi$ ；小潮期悬沙中值粒径的平均值在  $5.17\Phi \sim 6.03\Phi$  之间，平均值为  $5.65\Phi$ 。调查海域悬沙颗粒呈现出小潮期略粗于中潮期，中潮期略粗于大潮期的特点。

悬沙各组成物质中，以粉砂含量最高，为  $0.00\% \sim 100.00\%$ ，平均为  $76.34\%$ ，粘土含量次之，为  $0.00\% \sim 81.66\%$ ，平均为  $13.95\%$ ，砂含量最低，为  $0.00\% \sim 51.30\%$ ，平均为  $9.72\%$ ，样品累积频率曲线图成 S 型。悬沙组成物质类型有粉砂、粘土质粉砂、砂质粉砂、砂、粉砂质砂、粘土、砂—粉砂—粘土共七种，其中以粉砂为主。

### **(4) 悬沙运移及来源分析**

单宽净输沙方向在  $197^\circ \sim 288^\circ$  之间，悬沙呈向偏西方向的运移，与本海域的余流和风向相一致。

最大单宽净输沙量为  $1764\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，出现在小潮期的 C9 站，对应的净输沙方向为  $239^\circ$ ；最小单宽净输沙量为  $218\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，出现在大潮期的 C8 站，对应的净输沙方向为  $220^\circ$ 。最大单宽净输沙量是最小单宽净输沙量的 8 倍多。单宽净输沙的大小主要与余流、余沙和水深有关。

本海域单宽净输沙量半月周期的大、中、小潮的变化规律不明显，但大部分站以中潮期单宽净输沙量最大。



由本海域单宽净输沙方向为向西的方向可推知,本海域的泥沙主要来自东部海域输入。

图 3.2.2-8a 大潮期单宽净输沙量图 (略)

图 3.2.2-8b 中潮期单宽净输沙量图 (略)

图 3.2.2-8c 小潮期单宽净输沙量图 (略)

### 3.2.2.9 波浪

本节引自《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目水文观测及海洋环境现状调查-周年潮汐、海流、波浪观测分析报告》(2020年7月)。波浪观测站位的布设位置为:  $112^{\circ}13.578'E$ ,  $21^{\circ}5.356'N$ , 观测时间: 2019年3月1日~2020年2月29日。相关结论如下:

(1) 观测期间最大波高  $H_{max}$ 、十分之一大波波高  $H_{1/10}$ 、三分之一大波波高  $H_{1/3}$ 、平均波高  $H_{AVE}$  分别为 1045cm、757cm、607cm、376cm, 发生于夏季热带气旋“韦帕”(2019年7月)影响期间。平均  $H_{5\%}$ 、 $H_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 、 $H_{AVE}$  分别为 156cm、160cm、128cm、81cm。本海区除 8 月份强浪向为 SSE 向外, 其余月份的强浪向以 E~ESE 为主。

(2) 观测期间  $T_{1/3}$ 、 $T_{1/10}$ 、 $T_p$  小于 7s 的波浪分别占全年的 79.7%、74.5%、47.7%, 大于 7s 的波浪分别占全年的 20.3%、25.5%、52.3%。

(3) 工程海区波浪类型以风浪与涌浪的混合浪为主, 7~9 月风浪出现的频率小于涌浪出现的频率, 10 月~次年 5 月则相反。全年风浪与涌浪出现的频率相当, 接近 12%, 混合浪占 74.4%。

(4) 夏季(6~8月)波向主要集中在 SSE~SSW 方向, 分布频率占约当月的 80%。全年波向主要集中在 E(常浪向)、S(次常浪向)方向, 分布频率分别为 48.87%、17.53%, 占观测期间波浪的 66.4%。 $H_{1/3}$  波高分布中 50~100cm、100~150cm、150~200cm 的波高占全年的频率分别为 31.73%、32.7%、20.41%, 占观测期间波浪的 84.8%。

(5) 全年有效波高  $H_{1/3}$  与  $T_{1/3}$  主要集中在 50cm~200cm、4.0s~7.9s 范围内,

约占观测期的 81.58%；全年有效波高  $H_s$  与  $T_p$  主要集中在 50cm~200cm、5.0s~8.9s 范围内，约占观测期的 69.89%。

(6) 按每天至少出现 1 次统计， $H_{1/3} \geq 350\text{cm}$  的浪观测期间出现 3 天，分别出现在 2019 年 7 月~9 月。按每天至少出现 4 次、6 次统计， $H_{1/3} \geq 350\text{cm}$  的浪观测期间分别出现 2 天、2 天，均分别出现在 2018 年 7 月和 8 月。

(7) 观测期间  $H_{1/3}$  大于 50cm、100cm、200cm、300cm 波浪最长持续时间分别为 3348h、600h、107h 和 27h，大于 350cm 波浪出现在 2019 年 7 月~9 月，最长持续时间为 16h。

(8) 观测海区波浪全年以单峰谱为主，谱峰周期范围为 6~10s，谱峰方向夏季偏南，冬季偏东。热带气旋影响下的 7~8 月谱峰宽度较窄，谱峰值较大（台风“韦帕”影响期间）。春季、夏季、秋季和冬季波浪的谱峰值范围分别为 4.14~8.73 ( $\text{m}^2/\text{Hz}$ )、3.89~35.01 ( $\text{m}^2/\text{Hz}$ )、9.45~19.78 ( $\text{m}^2/\text{Hz}$ )、7.70~23.50 ( $\text{m}^2/\text{Hz}$ )。春季、夏季、秋季和冬季波浪的谱峰周期范围分别为 7.7~9.1s、6.3~10.0s、9.1s、8.3~10.0s。

(9) 本海区 10 月~次年 3 月以东北向的风浪为主；4 月~9 月以东北和西南向的混合浪为主。热带气旋“韦帕”、“杨柳”和“剑鱼”影响期间波浪谱峰以单峰谱为主，伴随有小的次峰，谱峰周期 6.0s~10.6s，波向随热带气旋的移动按 S（热带气旋来临前）->E（工程海域波高达到最大）->S（热带气旋远离）规律变化。典型夏季风、冬季风影响期间波浪仍以单峰谱为主，最大谱密度峰值相近。

(10) 波周期大于 7 秒的波浪年最大波高  $H_{\text{max}}$ 、十分之一大波波高  $H_{1/10}$ 、三分之一大波波高  $H_{1/3}$ 、平均波高  $H_{\text{AVE}}$  分别为 875cm、657cm、542cm、350cm，发生于 2019 年 7 月热带气旋“韦帕”影响期间；年平均  $H_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 、 $H_{\text{AVE}}$  分别为 96cm、77cm、49cm；年平均  $T_z$  为 8.4s。

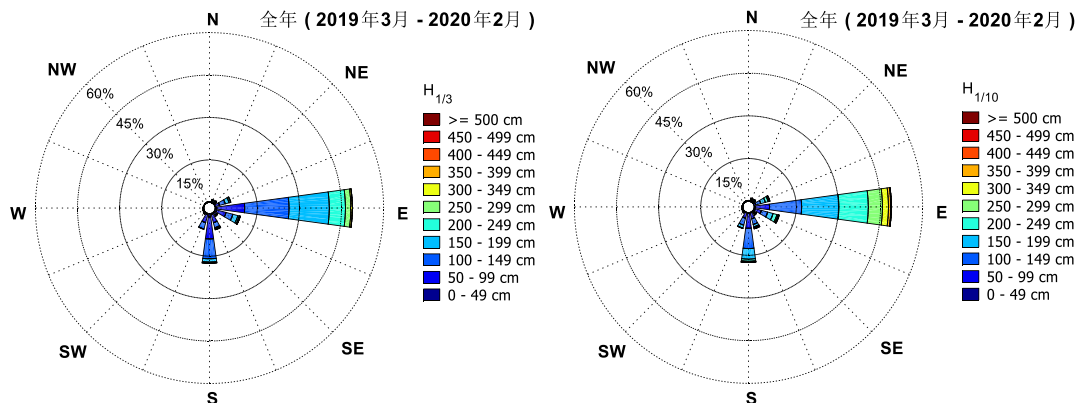


图 3.2.2-9 波高与波向联合分布玫瑰图

### 3.2.3 海域地形地貌与冲淤状况

#### 3.2.3.1 地形地貌

本项目风电场位于广东省江门市台山市南侧，离岸最近距离约 65km，海域宽阔，场区内未见岛屿分布，水深约为 45m~49m，海底地形总体平缓，整体呈西北高东南低趋势，属冲海积地貌单元。场区内未发现明显陡坎、海沟等。项目水深地形图可见图 3.2.3-1。

图 3.2.3-1 项目水深地形图（略）

#### 3.2.3.2 冲淤现状和冲淤变化特征

本项目泥沙与海床稳定分析专题报告尚未开展，因此本节引自《中广核阳江帆石一、帆石二海上风电场项目水文观测及海洋环境现状调查-泥沙与海床稳定分析专题报告》（2020 年 7 月）。

本项目风电场位于广东省江门市台山市南侧，离岸最近距离约 65km，水深大于 40m，海区的泥沙运动主要受波浪和流的联合作用。根据工程海域不同波级的泥沙临界起动水深计算结果，对比周年观测波高分布频率可知，大浪对工程海域的海底泥沙运动会有一定影响，但出现的概率较低，大多出现在热带气旋影响期间，通常情况下的波浪对海床的泥沙运动影响较小。波高超过 7.0m 的大浪可使工程海域内的海底泥沙起动，进而可在潮流及余流的作用下完成输运；波高超过 8.5m 的大浪可使工程海域内的海底泥沙成层推移运动。根据潮流作用下的起动流速计算，分析结果表明，风电场工程海域的泥沙起动流速需要在 61cm/s 以上，实测最大流速和潮流可能最大流速均小于泥沙起动流速，通常情况下海床的泥沙不易起动，因此在常态下本工程海域的泥沙处于相对稳定的状态。

### 3.2.4 工程地质

本节引自《中广核阳江帆石一海上风电场项目可行性研究阶段岩土工程勘测报告》（2022 年 3 月）。

根据区域地质资料及钻探揭示，场区内自上而下地层为第四系全新统海相沉

积的淤泥、淤泥混砂、淤泥质土、粉砂混淤泥等土层（①层，海相沉积）、第四系全新统海陆过渡相的黏性土及砂土层（②层，海陆过渡相沉积）、第四系晚更新统海陆交互相的黏土和砂土层（③层，海陆交互相沉积），各层根据工程性质的差异分为若干个亚层，风电场岩土体分层情况见表 3.2.4-1。

表 3.2.4-1 场地岩土体工程地质分层表

序号	岩土名称		岩土层编号	状态	地层时代及成因
1	软土	淤泥	① <sub>1</sub>	流塑	第四系全新统海相沉积
2		淤泥混砂	① <sub>1-1</sub>	流塑	
3		淤泥质土	① <sub>2</sub>	流塑	
4		粉砂混淤泥	① <sub>3</sub>	松散，局部稍密	
5	黏性土	黏土	②	软塑	第四系全新统海陆过渡相沉积
6		粉质黏土	② <sub>0-1</sub>	软塑	
7		黏土	② <sub>1</sub>	可塑	
8		粉质黏土	② <sub>1-1</sub>	可塑	
9	砂土	粉砂混黏性土	② <sub>3-1</sub>	中密~密实	
10		中砂	② <sub>5</sub>	密实	
11		粗砂	② <sub>6</sub>	密实	
12		粗砂砂混黏性	② <sub>6-1</sub>	密实	
13	黏性土	黏土	③ <sub>1</sub>	可塑	第四系晚更新统海陆交互相沉积
14		粉质黏土	③ <sub>1-1</sub>	可塑	
15		黏土	③ <sub>2</sub>	硬塑	
16		粉质黏土	③ <sub>2-1</sub>	硬塑	
17	砂土	粉砂混黏性土	③ <sub>3-1</sub>	密实	
18		中砂	③ <sub>5</sub>	密实	
19		中砂混黏性土	③ <sub>5-1</sub>	密实	
20		粗砂	③ <sub>6</sub>	密实	
21		粗砂砂混黏性	③ <sub>6-1</sub>	密实	

## 1、第四系全新统海相沉积

### (1) 淤泥（层号①<sub>1</sub>）

深灰、灰黑色，饱和，流塑，土质滑腻，含有机质，具腥臭味，局部含贝壳碎屑，海相沉积成因。该层分布于场地局部地段，揭露层厚为 1.00m，层底面高程为-42.45m，层顶面高程为-41.45m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为≤1 击。

### (2) 淤泥混砂（层号①<sub>1-1</sub>）

深灰、灰黑色，饱和，流塑，土质滑腻，含有机质，具腥臭味，混多量粉细砂，局部含贝壳碎屑，海相沉积成因。该层在场地部分地段有分布，揭露层厚为

3.00m~4.10m,层底面高程为-48.05m~-41.10m,层顶面高程为-45.10m~-37.10m,剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 $\leq 2$ 击。

(3) 淤泥质土(层号①<sub>2</sub>)

灰黑色,饱和,流塑,含粉砂颗粒,手捏腻滑,含有机质,味臭,局部可见贝壳碎片,粒径0.2~0.5cm,海相沉积成因。该层在场地部分地段有分布,揭露层厚为2.50m~9.00m,层底面高程为-52.50m~-47.20m,层顶面高程为-50.00m~-41.10m,剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为1~5击。

(4) 粉砂混淤泥(层号①<sub>3</sub>)

灰色,饱和,松散,局部稍密,主要矿物成分为石英、长石,级配差,混多量淤泥质土,局部混少量贝壳碎屑,含有机质、有腥臭味,海相沉积成因。该层在场地局部地段有分布,揭露层厚为4.00m,层底面高程为-47.20m,层顶面高程为-43.20m,该层标准贯入试验实测击数为10~11击。

## 2、全新统海陆过渡相沉积

(1) 黏土(层号②<sub>0</sub>)

灰色,饱和,软塑,含粉砂颗粒,局部含少量有机质,土质黏性较好,韧性中等,海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段有分布,揭露层厚为4.10m~6.00m,层底面高程为-70.20m~-56.60m,层顶面高程为-65.60m~-52.50m,剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为5~7击。

(2) 粉质黏土(层号②<sub>0-1</sub>)

灰色,饱和,软塑,含粉砂颗粒,局部含少量有机质,土质黏性一般,韧性中等,海陆过渡相沉积。该层在场地部分地段有分布,揭露层厚为3.60m~7.50m,层底面高程为-92.60m~-52.61m,层顶面高程为-86.20m~-48.11m,剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为4~8击。

(3) 黏土(层号②<sub>1</sub>)

深灰色,湿,可塑,局部偏软塑,含粉砂颗粒,局部含少量有机质,土质黏性较好,韧性中等,海陆过渡相沉积。该层在场地大部分地段有分布,揭露层厚为3.90m~8.20m,层底面高程为-97.60m~-53.10m,层顶面高程为-89.40m~-48.05m,剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为10~24击。

(4) 粉质黏土(层号②<sub>1-1</sub>)

深灰色，湿，可塑，局部偏软塑，含粉砂颗粒，局部含少量有机质，土质黏性一般，韧性中等，海陆过渡相沉积。该层在场地内广泛分布，揭露层厚为1.40m~14.10m，层底面高程为-106.70m~-53.60m，层顶面高程为-104.10m~-47.20m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为7~32击。

(5) 粉砂混黏性土 (层号②<sub>3-1</sub>)

灰色，饱和，中密~密实，局部稍密，主要矿物为石英、长石，级配差，含多量黏粒，岩芯呈团块状，部分与黏性土互层，海相过渡相沉积。该层在场地内大部分地段有分布，揭露层厚为0.80m~6.50m，层底面高程为-104.10m~-54.70m，层顶面高程为-97.60m~-52.10m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为22~54击。

(6) 中砂 (层号②<sub>5</sub>)

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等，含多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相过渡相沉积。该层在场地内部分地段有分布，揭露层厚为3.30m~5.00m，层底面高程为-73.60m~-66.40m，层顶面高程为-68.65m~-63.15m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为34~75击。

(7) 中砂混黏性土 (层号②<sub>5-1</sub>)

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等，含多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相过渡相沉积。该层分布于场地局部地段，揭露层厚为7.90m，层底面高程为-80.50m，层顶面高程为-72.60m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为36~74击。

(8) 粗砂 (层号②<sub>6</sub>)

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等~较好，混约10%角砾，粒径0.2~0.5cm，海相过渡相沉积。该层分布于场地局部地段，揭露层厚为3.40m，层底面高程为-77.00m，层顶面高程为-73.60m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为100~125击。

(9) 粗砂混黏性土 (层号②<sub>6-1</sub>)

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等~较好，混多量黏粒，局部混夹砾石，岩芯呈团块状，海相交互相沉积。该层在场地内局部地段有分布，揭露层厚为1.50m，层底面高程为-63.20m，层顶面高程为-61.70m，剔除异常数

据后该层标准贯入试验实测击数为 38 击。

### 3、晚更新统海陆交互相沉积

#### (1) 黏土 (层号③<sub>1</sub>)

灰色, 湿, 可塑, 含粉砂颗粒, 局部夹粉砂薄层, 土质黏性较好, 韧性中等, 海陆交互相沉积。该层分布于整个场地, 揭露层厚为 1.20m~6.00m, 层底面高程为-135.60m~-103.20m, 层顶面高程为-134.40m~-97.20m, 剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 25~45 击。

#### (2) 粉质黏土 (层号③<sub>1-1</sub>)

灰色, 湿, 可塑, 含粉砂颗粒, 局部夹粉砂薄层, 土质黏性一般, 韧性中等, 海陆交互相沉积。该层分布于整个场地, 揭露层厚为 0.70m~11.80m, 层底面高程为-142.20m~-86.45m, 层顶面高程为-140.00m~-79.55m, 剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 10~45 击。

#### (3) 黏土 (层号③<sub>2</sub>)

灰、灰黄色, 稍湿, 硬塑, 含粉砂颗粒, 局部夹粉砂薄层, 土质黏性较好, 韧性中等, 海陆交互相沉积。层在场地内部分地段有分布, 揭露层厚为 1.90m~6.80m, 层底面高程为-132.65m~-107.20m, 层顶面高程为-127.45m~-103.20m, 剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 28~48 击。

#### (4) 粉质黏土 (层号③<sub>2-1</sub>)

灰色, 稍湿, 硬塑, 含粉砂颗粒, 局部夹粉砂薄层, 土质黏性一般, 韧性中等, 海陆交互相沉积。层在场地内部分地段有分布, 揭露层厚为 6.00m~7.50m, 层底面高程为-141.90m~-100.45m, 层顶面高程为-135.85m~-93.95m, 剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 15~47 击。

#### (5) 粉砂混黏性土 (层号③<sub>3-1</sub>)

灰色, 饱和, 密实, 主要矿物为石英、长石, 级配差, 混多量黏粒, 岩芯呈团块状, 部分夹黏性土薄层, 海相交互相沉积。该层分布于整个场地, 揭露层厚为 0.90m~7.80m, 层底面高程为-150.00m~-101.45m, 层顶面高程为-142.20m~-100.45m, 剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 38~107 击。

#### (6) 中砂 (层号③<sub>5</sub>)

灰、灰黄色, 饱和, 密实, 主要矿物为石英、长石, 级配中等, 局部混夹粗

砂和砾石，海相交互相沉积。该层在场地内大部分地段有分布，揭露层厚为 1.40m~11.10m，层底面高程为-135.28m~-99.40m，层顶面高程为-131.50m~-88.30m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 60~150 击。

(7) 中砂混黏性土 (层号③<sub>5-1</sub>)

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等，混多量黏粒，局部混夹粗砂和砾石，岩芯呈团块状，海相交互相沉积。该层在场地内局部地段有分布，揭露层厚为 2.90m，层底面高程为-109.60m，层顶面高程为-106.70m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 50~136 击。

(8) 粗砂 (层号③<sub>6</sub>)

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等~较好，部分混夹砾石，粒径 0.2~0.5cm，局部混黏粒，海相交互相沉积。该层在场地内部分地段有分布，揭露层厚为 1.00m~4.40m，层底面高程为-140.00m~-113.00m，层顶面高程为-135.60m~-109.60m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 60~150 击。

(9) 粗砂混黏性土 (层号③<sub>6-1</sub>)

灰色，饱和，密实，主要矿物为石英、长石，级配中等~较好，混多量黏粒，局部夹薄层黏性土，海相交互相沉积。该层在场地内局部地段有分布，揭露层厚为 2.10m~3.80m，层底面高程为-134.40m~-113.20m，层顶面高程为-132.30m~-109.40m，剔除异常数据后该层标准贯入试验实测击数为 115~167 击。



图 3.2.4-1 钻孔平面布置图（略）

图 3.2.4-2a 钻孔柱状图（ZK11）（略）

图 3.2.4-2b 钻孔柱状图（ZK11）（略）

图 3.2.4-2c 钻孔柱状图（ZK11）（略）

图 3.2.4-2d 钻孔柱状图（ZK11）（略）

图 3.2.4-2e 钻孔柱状图（ZK11）（略）

图 3.2.4-2f 钻孔柱状图（ZK11）（略）

## 3.2.5 海洋自然灾害

### 3.2.5.1 热带气旋

有研究表明，台风最大风速半径（台风最大风速处距其中心距离）约为 15—90km，台风发展过程中最大风速半径会不断变化，不同特性、强度的台风，其最大风速半径也会有所不同。

1949-2020 年 72 年间经过评估区域的台风共 110 个，年平均为 1.5 个；最多的 1974 年有 6 个台风中心经过该区域；无台风中心经过该区域的年份有 15 年。在这 110 个台风样本中，涵盖了从热带低压到超强台风的所有等级热带气旋。

各个台风生命史历程中，极端最低气压为 890hPa（5413 号超强台风），台风过程极端最大风速为 85m/s（5413 和 5427 号超强台风）。

在评估区域内的台风极端最低气压为 935hPa（9615 号强台风），台风极端最大 2min 平均风速为 50m/s（5413 号、6311 号超强台风和 9615、0814 号强台风），根据 2min 和 10min 平均风速经验换算系数 0.92[阎俊岳等，《中国近海气候》，科学出版社，1993 年]，将 2min 平均风速换算为 10min 平均风速，最大值为 46.0m/s。

广东沿海的台风季为每年的 4~11 月份，进入评估海域内的台风样本主要集中在 5~10 月份，台风出现频率占总数的 96%。按广东前后汛期时间划分，前汛期（4~6 月）的台风频率占 21%，后汛期（7~9 月）的台风频率为 66%。

对进入评估海域内的台风样本中心最大 10min 平均风速按 IEC 标准进行分级统计，结果显示风速小于 30.0m/s 的台风样本占 67.3%，风速在 30.0~37.5m/s 之间的占 25.5%，风速在 37.5~42.5m/s 之间的占 3.6%，风速大于等于 42.5 的占 3.6%（未出现 10min 平均风速达 50m/s 以上的台风样本）。从各月台风样本分级情况可见，6~11 月份出现强台风样本的频率明显高于其他月份。

### 3.2.5.2 风暴潮

风暴潮灾害是由台风强烈扰动造成的潮水位急剧升降，是一种严重的海洋灾害，主要危害沿海地区。在广东地区，台风风暴潮灾害的特点是：发生次数多、强度大、连续性明显，影响范围广，突发性强，灾害损失大，且主要危害经济发达的沿海地区。台风引起的增水见表 3.2.5-1。

表 3.2.5-1 台风引起的增水

名称	登陆地点	日期	台风引起的增水
温比亚	湛江市麻章区湖光镇沿海	2013年7月2日	珠江口以西沿岸 (38~182cm)
尤特	阳西县附近沿海	2013年8月14日	台山站(120cm)
电母	湛江雷州市东里镇沿海地区	2016年8月18日	珠江口到粤西沿岸 (30~60cm)
天鸽	珠海市金湾区沿海	2017年8月23日	台山站(102cm)
帕卡	江门市台山东南部沿海	2017年8月27日	台山站(52cm)
卡努	湛江市徐闻县东部沿海	2017年10月16日	台山站(105cm)
山竹	广东省台山海宴镇	2018年9月16日	台山站(175cm)
韦帕	广东省湛江市	2019年8月1日	台山站(78cm)
海高斯	广东省珠海市金湾区沿海	2020年8月19日	台山站(50cm)
查帕卡	广东省阳江市江城区沿海	2021年7月20日	台山站(51cm)
圆规	海南省琼海市沿海	2021年10月13日	台山站(152cm)
暹芭	茂名市电白区沿海	2022年7月2日	台山站(104cm)
马鞍	茂名市电白区沿海	2022年8月25日	台山站(114cm)

### 3.2.6 海洋水质现状调查与评价

本节引用《阳江帆石海上风电项目海洋环境现状调查(春季)监测报告》(2022年5月)和《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告(2023年秋季)》(2023年12月),2022年4月(春季)和2023年11月(秋季)在项目周边海域进行的海洋环境质量现状调查数据。

#### 3.2.6.1 调查概况

##### (1) 春季

春季调查时间为2022年04月15日~04月25日,本次调查共设水质调查站位40个,沉积物调查站位20个,海洋生物质量、生态与渔业资源调查站位24个,潮间带生物调查断面3个,具体调查站位详见表3.2.6-1和图3.2.6-1。

表 3.2.6-1 春季海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
FH01	112°10'25.58"	21°46'07.30"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH02	112°11'16.63"	21°44'02.28"	水质
FH03	112°13'31.23"	21°42'48.85"	水质、生物生态、渔业资源
FH04	112°09'36.17"	21°41'26.10"	水质、生物生态、渔业资源
FH05	112°16'26.88"	21°37'59.73"	水质

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
FH06	112°08'53.03"	21°37'28.69"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH07	112°22'38.89"	21°36'20.05"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH08	112°15'58.96"	21°33'43.54"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH09	112°09'12.11"	21°32'15.69"	水质
FH10	112°10'15.09"	21°28'56.77"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH11	112°16'22.75"	21°28'47.09"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH12	112°23'15.82"	21°29'00.45"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH13	112°03'17.34"	21°21'23.55"	水质、生物生态、渔业资源
FH14	112°11'28.25"	21°21'08.45"	水质
FH15	112°21'20.76"	21°20'54.76"	水质
FH16	112°27'10.77"	21°20'59.79"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH17	112°10'33.42"	21°12'11.66"	水质
FH18	112°16'04.65"	21°12'06.76"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH19	112°22'19.48"	21°11'57.00"	水质
FH20	112°27'08.15"	21°11'50.58"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH21	112°01'22.76"	20°57'35.10"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH22	112°10'01.32"	20°57'18.19"	水质
FH23	112°17'25.90"	20°57'37.63"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH24	112°26'09.66"	20°58'04.97"	水质
FH25	112°03'38.63"	21°16'53.25"	水质
FH26	112°11'51.27"	21°16'34.67"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH27	112°21'32.54"	21°16'24.08"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH28	112°27'10.66"	21°16'49.57"	水质
FH29	112°01'16.85"	21°12'17.50"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH30	112°13'22.03"	21°08'49.03"	水质
FH31	112°01'28.85"	21°05'06.56"	水质
FH32	112°10'41.22"	21°05'10.26"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH33	112°16'17.52"	21°05'12.83"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH34	112°21'46.06"	21°05'10.09"	水质
FH35	112°26'36.48"	21°05'18.54"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH36	112°13'28.42"	21°01'07.96"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH37	112°01'28.89"	20°47'34.25"	水质
FH38	112°08'15.78"	20°48'14.63"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
FH39	112°16'33.50"	20°48'58.65"	水质
FH40	112°26'20.64"	20°49'25.50"	水质、生物生态、渔业资源
FC01	112°11'42.06"	21°47'32.75"	潮间带
FC02	112°11'46.11"	21°46'45.65"	潮间带
FC03	112°11'43.96"	21°45'05.24"	潮间带
注：潮间带垂直于岸线，布设高、中、低潮区采样断面			

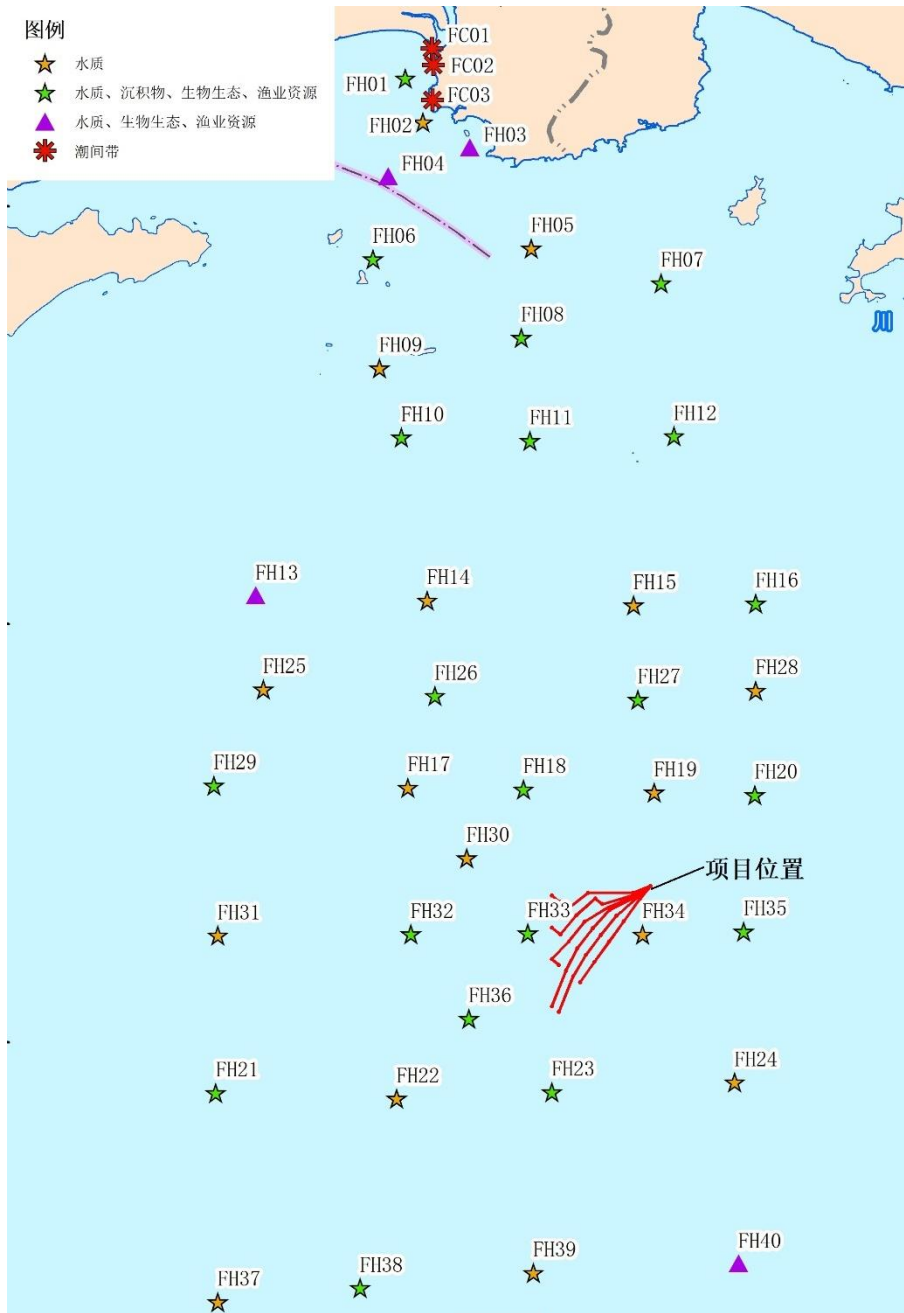


图 3.2.6-1 春季调查站位布置图

## (2) 秋季

秋季调查时间为 2023 年 11 月 20 日~11 月 22 日，本次调查共设水质调查站位 25 个，沉积物调查站位 15 个，海洋生物生态 18 个、生物体质量和渔业资源调查站位 18 个，具体调查站位详见表 3.2.6-2 和图 3.2.6-2。

表 3.2.6-2 秋季海洋环境现状调查站位

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
CD01	112°08'43.31"	20°55'27.39"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD02	112°08'42.76"	21°00'47.65"	水质

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
CD03	112°08'42.54"	21°05'02.92"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD04	112°08'42.55"	21°09'53.41"	水质、生物生态、渔业资源
CD06	112°13'32.94"	21°14'46.53"	水质
CD07	112°13'24.42"	21°09'43.50"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD08	112°13'18.83"	21°04'41.40"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD09	112°13'22.38"	21°00'32.75"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD10	112°13'42.88"	20°53'25.76"	水质
CD11	112°18'29.95"	20°52'44.33"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD12	112°18'37.47"	20°59'37.60"	水质
CD13	112°18'40.49"	21°03'36.42"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD14	112°18'49.34"	21°06'42.95"	水质、生物生态、渔业资源
CD15	112°18'43.15"	21°09'51.29"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD16	112°18'57.08"	21°15'20.72"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD17	112°21'07.88"	21°09'51.64"	水质、生物生态、渔业资源
CD18	112°21'08.14"	21°06'39.01"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD19	112°24'12.15"	21°15'04.03"	水质
CD20	112°23'36.85"	21°09'50.90"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD21	112°23'55.28"	21°04'36.38"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD22	112°23'50.81"	20°59'45.09"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD23	112°23'56.27"	20°53'27.69"	水质
CD25	112°30'13.10"	21°04'46.14"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源
CD26	112°29'17.16"	21°09'47.16"	水质
CD27	112°29'12.22"	21°14'47.50"	水质、沉积物、生物生态、渔业资源

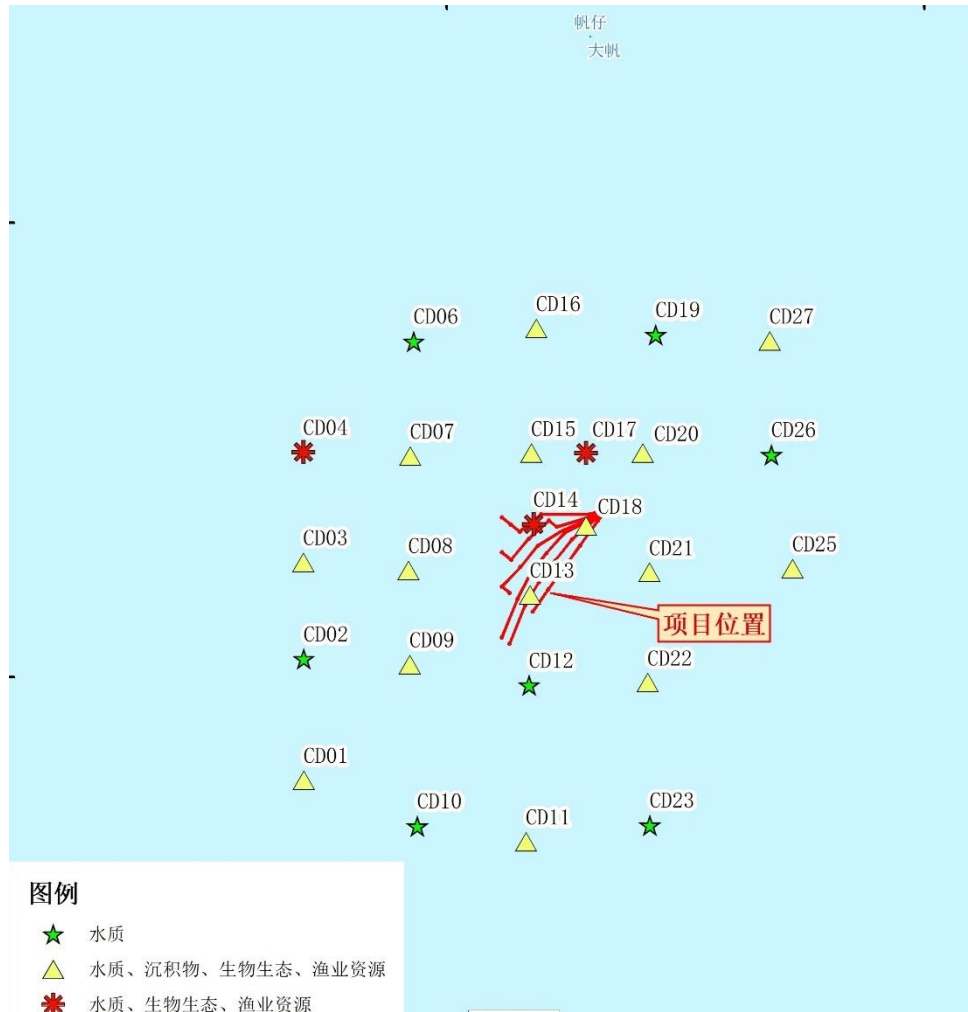


图 3.2.6-2 秋季调查站位布置图

### 3.2.6.2 调查项目

调查项目包括 pH、水温、盐度、溶解氧、悬浮物、化学需氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐、挥发酚、硫化物、石油类、总铬、铅、镉、锌、铜、汞、砷、生化需氧量、活性硅酸盐、硒、镍。

### 3.2.6.3 采样与分析方法

#### (1) 采样方法

##### ① 水样采集通用方法

1) 按照《海洋监测规范》(GB 17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)中的要求执行;

2) 使用 GPS 定位导航调查船只进入预定站位后开始测量水深。根据实测水深,进行透明度、水色等现场观测,当站位水深浅于 10m 时(以现场水深为准,

下同)，仅采表层水样一个；当站位水深在 10m~25m 时，分别采集表层和底层水样各一个；其中表层为距表面 0.1m~1m，底层为离底 2m。

表 3.2.6-3 采样层次表

水深范围 /m	标准层次	底层与相邻标准层最小 距离/m
小于 10	表层	/
10~25	表层、底层	/
25~50	表层、10m、底层	/
50~100	表层、10m、50m、底层	5
100 以上	表层、10m、50m、以下水层的酌情加层、底层	10
注 1：表层系指海面以下 0.1m~1m； 注 2：底层，对河口及港湾海域最好取离海底 2m 的水层，深海或大风浪时可酌情增大离底层的距离。		

3) 采用向风逆流采样，严格控制来自船体自身的污染，采样时严禁船舶排污，采样位置远离船舶排污口，并严格按照相关规定程序和操作要求进行样品的分装、预处理、编号记录、贮存和运输；

4) 对无法现场分析的样品，按《海洋监测规范》（GB 17378-2007）加固定剂后带回实验室分析；

5) 水文气象观测执行《海洋调查规范 第 3 部分：海洋气象观测》（GB/T 12763.3-2020）、《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》（GB/T 12763.2-2007）和《海洋观测规范 第 2 部分：海滨观测》（GB/T 14914.2-2019）。

## ②特殊指标水样采集方法

1) 溶解氧样品的采集：将乳胶管的一端接上玻璃管，另一端套在采水器的出水口，放出少量水样，洗水样瓶两次。将玻璃管插到水样瓶底部慢慢注入水样，待水样装满并溢出约为瓶子体积的 50%时，将玻璃管慢慢抽出盖上瓶盖，再取下瓶盖，立即用自动加液器（管尖靠近液面）依次注入 1.00mL 氯化锰溶液和 1.00mL 碱性碘化钾溶液。塞紧瓶塞并用手抓住瓶塞和瓶底，将瓶缓慢地上下颠倒 20 次，使样品与固定液充分混匀。待样品瓶内沉积物降至瓶体 60% 以下时方可进行分析。如样品瓶浸泡在水中，允许存放 24h，避免阳光直射和温度剧烈变化，如温差较大，应在 12h 内测定。

2) pH 样品的采集：样品瓶洗净后，用海水浸泡 1d。采样时需用采样点的海水洗涤两次，再装入水样瓶固定，盖好瓶盖混合均匀，待测，允许保存 48h。



3) 重金属样品的采集：水样采集后，要有防止现场大气降尘带来的污染措施，并尽快从采样器中放出样品；防止采样器内样品中所含污染物随悬浮物的下沉而降低含量，灌装样品时必须边摇动采水器边灌装，立即用 0.45 $\mu$ m 滤膜过滤处理，过滤水样用 HNO<sub>3</sub> 酸化至 pH 值小于 2，塞上塞子，存放在洁净环境中。

4) 石油类样品的采集：测定水中油含量应用单层采水器固定样品瓶在水体中直接灌装，采样后立即提出水面，在现场用石油醚（或正己烷）萃取或者在现场采集油类样品后，加 0.1mol/L 硫酸溶液固定，带回实验室萃取；测定油类样品的容器禁止预先用海水冲洗。

## (2) 分析方法

水质样品的分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.6-4。

表 3.2.6-4 海水调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	水温	《海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/5.2.1	CTD 法	/
2	pH	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/26	pH 计法	/
3	盐度	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/29.1	盐度计法	2‰
4	溶解氧	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31	碘量法	0.11mg/L
5	悬浮物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/27	重量法	/
6	化学需氧量	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
7	硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/38.1	镉柱还原法	0.0001mg/L
8	亚硝酸盐氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/37	萘乙二胺分光光度法	0.0002mg/L
9	氨氮	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/36.1	靛酚蓝分光光度法	0.0004mg/L
10	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法	0.0006mg/L
11	挥发酚	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/19	4-氨基安替比林分光光度法	1.1 $\mu$ g/L
12	硫化物	《海洋监测规范 第 4 部分：海水分析》GB 17378.4-2007/18.1	亚甲基蓝分光光度法	0.2 $\mu$ g/L

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
13	石油类	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法	3.5μg/L
14	汞	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1	原子荧光法	0.007μg/L
15	砷	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1	原子荧光法	0.5μg/L
16	铜	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.2μg/L
17	铅	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.03μg/L
18	镉	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.01μg/L
19	锌	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	3.1μg/L
20	总铬	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4μg/L
21	生化需氧量	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/33.1	五日培养法	/
22	活性硅酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007 17.1	硅钼黄法	0.0126mg/L
23	硒	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/12.1	荧光分光光度法	0.2μg/L
24	镍	《海洋监测规范 第4部分 海水分析》GB 17378.4-2007/42	无火焰原子吸收分光光度法	0.5μg/L

### 3.2.6.4 评价方法及评价标准

#### (1) 评价方法

采用单因子标准指数（ $P_i$ ）法，评价模式如下：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{io}}$$

式中： $P_i$ ——第  $i$  项因子的标准指数，即单因子标准指数；

$C_i$ ——第  $i$  项因子的实测浓度；

$C_{io}$ ——第  $i$  项因子的评价标准值。

当标准指数值  $P_i$  大于 1，表示第  $i$  项评价因子超出了其相应的评价标准，即表明该因子已不能满足评价海域海洋功能区的要求。

另外，根据溶解氧（DO）、pH 的特点，其评价模式分别为：  
溶解氧的标准指数为：

$$S_{DO, j} = \frac{DO_s}{DO_j} \quad DO_j \leq DO_f$$

$$S_{DO, j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

式中：S<sub>DO,j</sub>—溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

DO<sub>j</sub>—溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

DO<sub>s</sub>—溶解氧的水质评价标准限制，mg/L；

DO<sub>f</sub>—饱和溶解氧浓度，mg/L，对于河流，DO<sub>f</sub>=468/（31.6+T），对于盐度比较高的湖泊、水库及入海河口、近岸海域，DO<sub>f</sub>=（491-2.65S）/（33.5+T）；

S—实用盐度符号，量纲一；

T—水温，°C。

pH 评价指数按下式如下：

$$S_{pH, j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH_j \leq 7.0$$

$$S_{pH, j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH_j > 7.0$$

式中：S<sub>pH,j</sub>—pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

pH<sub>j</sub>—pH 值实测统计代表值；

pH<sub>sd</sub>—评价标准中 pH 值的下限值；

pH<sub>su</sub>—评价标准中 pH 值的上限值。

## （2）评价标准

### ①春季

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，各监测站位执行的标准见表 3.2.6-5。

表 3.2.6-5 春季各站位执行的标准要求一览表

功能区名称	调查站位	标准要求
领海线以外	FH20、FH34、FH35、FH23、 FH24、FH38、FH39、FH40	执行海水水质第一类标准、 海洋沉积物质量第一类标准 和海洋生物质量第一类标准
湛江-珠海近海农渔业区	FH04、FH05、FH07、FH10、 FH11、FH13~FH19、FH21、 FH22、FH25~FH33、FH36、 FH37	
大帆石海洋保护区	FH12	
头芦排海洋保护区	FH08	
南鹏列岛海洋保护区	FH06、FH09	

功能区名称	调查站位	标准要求
平岗-东平农渔业区	FH01、FH02、FH03	执行海水水质第二类标准、海洋沉积物质量第一类标准和海洋生物质量第一类标准

注：领海线以外没有划分海洋功能区，海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量均按照第一类标准要求执行。



图 3.2.6-3 春季监测站位所在海洋功能区示意图

### ②秋季

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，各监测站位执行的标准见表 3.2.6-6。

表 3.2.6-6 秋季各站位执行的标准要求一览表

功能区名称	调查站位	标准要求
领海线以外	CD10、CD11、CD12、CD21、 CD22、CD23、CD25、CD26、 CD27	执行海水水质第一类标准、 海洋沉积物质量第一类标准 和海洋生物质量第一类标准
湛江-珠海近海农渔业区	CD01、CD02、CD03、CD04、 CD06、CD07、CD08、CD09、 CD13、CD14、CD15、CD16、 CD17、CD18、CD19、CD20	

注：领海线以外没有划分海洋功能区，海水水质、海洋沉积物质量、海洋生物质量均按照第一类标准要求执行。

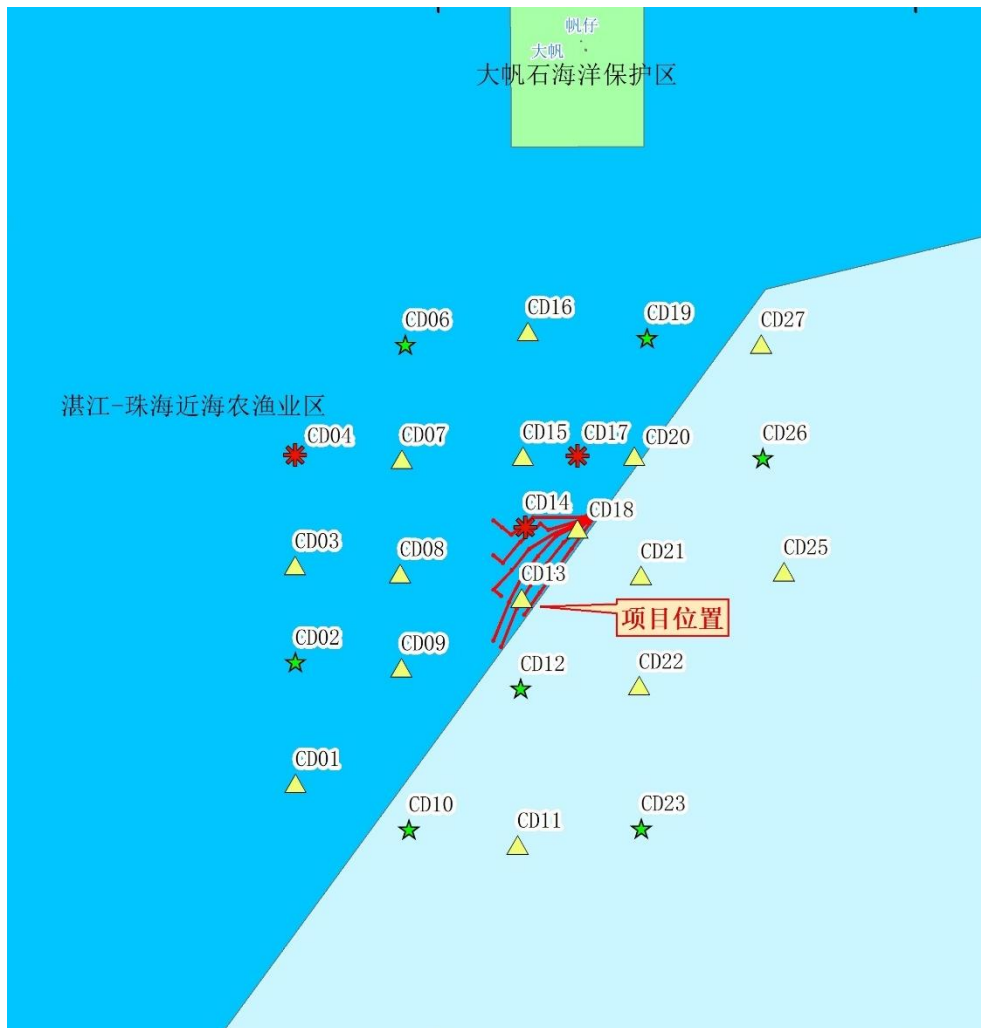


图 3.2.6-4 秋季监测站位所在海洋功能区示意图

海域水质现状评价依据标准《海水水质标准》(GB3097-1997)，见表 3.2.6-7。

表 3.2.6-7 海水水质标准 单位：mg/L (pH 除外)

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5		6.8~8.8	
化学需氧量≤(COD)	2	3	4	5
生化需氧量≤(BOD <sub>5</sub> )	1	3	4	5
溶解氧>	6	5	4	3
活性磷酸盐≤(以 P 计)	0.015	0.030	0.030	0.045

水质指标	第一类	第二类	第三类	第四类
无机氮 $\leq$ （以 N 计）	0.200	0.300	0.400	0.500
石油类 $\leq$	0.05	0.05	0.30	0.50
铜（Cu） $\leq$	0.005	0.010	0.050	0.050
铅（Pb） $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.050
锌（Zn） $\leq$	0.020	0.050	0.100	0.500
镉（Cd） $\leq$	0.001	0.005	0.010	0.010
汞（Hg） $\leq$	0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
砷（As） $\leq$	0.020	0.030	0.050	0.050
铬（Cr） $\leq$	0.050	0.100	0.200	0.500
硒（Se） $\leq$	0.010	0.020	0.020	0.050
镍（Ni） $\leq$	0.005	0.010	0.020	0.050
硫化物 $\leq$ （以硫计）	0.020	0.050	0.100	0.250
挥发性酚 $\leq$	0.005	0.005	0.010	0.050

### 3.2.6.5 海洋水质现状调查结果与评价

#### (1) 春季

春季调查结果详见表 3.2.6-8。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的调查站位有 37 个：FH04~FH40。由监测结果及标准指数表结果可知：主要超标监测因子为无机氮和活性磷酸盐，超标率分别为 1.0%、4.8%。FH04 调查站位的无机氮含量不符合海水水质第一类标准要求，但符合海水水质第二类标准要求，FH04、FH05B、FH05D、FH06B、FH06D 调查站位的活性磷酸盐含量不符合海水水质第一类标准要求，但符合海水水质第二类标准要求；其余监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

调查海域执行海水水质第二类标准要求的调查站位有 3 个：FH01、FH02、FH03。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的监测因子均符合海水水质第二类标准要求。

#### (2) 秋季

秋季调查结果详见表 3.2.6-9。

调查海域执行海水水质第一类标准要求的调查站位有 25 个：CD01~CD04、CD06~CD23、CD25~CD27。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的监测因子均符合海水水质第一类标准要求。

表 3.2.6-8 春季海水水质监测结果（略）

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 3.2.6-9 秋季海水水质监测结果（略）

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。②无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的总和。③石油类指标只采集表层样品，水深指标只测量站位即时深度，“/”不参与计算。

表 3.2.6-10a 春季海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数（略）

注：“/”表示未检指标的标准指数。

表 3.2.6-10b 春季海水水质监测站位（执行第二类海水水质标准）各要素的标准指数（略）

注：“/”表示未检指标的标准指数。

表 3.2.6-11 秋季海水水质监测站位（执行第一类海水水质标准）各要素的标准指数（略）

注：“/”表示未检指标的标准指数。

### 3.2.7 海洋沉积物质量现状调查与评价

本节引用《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告（2023年秋季）》（2023年12月），2023年11月（秋季）在项目附近海域进行的春季海洋沉积物质量现状调查数据，具体站位详见3.2.6.1节。

#### 3.2.7.1 调查项目

调查项目包括 pH、含水率、有机碳、石油类、硫化物、铜、铅、镉、锌、总汞、铬、砷、粒度。

#### 3.2.7.2 采样与分析方法

##### （1）采样方法

根据《海洋监测规范》（GB 17378-2007）中的要求，进行沉积物样品的采集、保存与运输。

①到达指定站位后，将绞车的钢丝绳与 0.05m<sup>2</sup> 抓斗式采泥器连接，同时测量站位水深，开动绞车将采泥器下放至离海底 3m~5m 时，全速开动绞车使其降至海底。然后将采泥器提至接样板上，打开采泥器上部耳盖，轻轻倾斜使上部积水缓慢流出后，用塑料刀或勺从采泥器耳盖中仔细取上部 0cm~1cm 的沉积物。如遇砂砾层，可在 0cm~3cm 层内混合取样；

②样品从海底至船甲板，应立即进行现场样品状态描述（颜色、气味、厚度）；

③取样和处理样品时，注意层次，结构和代表性，同一采样点采集 3~6 次，将样品混合均匀分装。现场记录底质类型，并分装与处理、保存；

④稠度和粘性描述：流动、半流动、软泥、致密和固结，强粘性、弱粘性和无粘性的描述；

⑤分装顺序：常规指标用聚乙烯袋分装大约 600g；取大约 100g 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，再加入约 5ml 醋酸锌，使样品隔离空气，供硫化物分析所用；再取 200~300g 湿样，盛入已洗净的 250mL 棕色玻璃瓶内，供有机碳等指标分析所用。

⑥分装要求：样品瓶（袋）要贴标签，并将样品瓶号及样品箱号记入现场描述记录表内，在柱状样品的取样位置上放入标签，其编号与瓶（袋）号一致。认真作好采样详细记录。



⑦采样完毕，打开采泥器，弃去残留沉积物，用海水冲洗。

## (2) 分析方法

样品的分析按照《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》(GB 17378.5-2007) 进行，各项目的分析方法如表 3.2.7-1。

表 3.2.7-1 沉积物项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	含水率	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/19	重量法	/
2	有机碳	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/18.1	重铬酸钾氧化-还原容量法	0.02%
3	石油类	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/13.1	荧光分光光度法	1.0mg/kg
4	硫化物	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/17.1	亚甲基蓝分光光度法	0.3mg/kg
5	铜	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/6.2	火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
6	铅	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/7.2	火焰原子吸收分光光度法	3.0mg/kg
7	镉	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
8	锌	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	6.0mg/kg
9	总汞	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
10	铬	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	2.0mg/kg
11	砷	《海洋监测规范第 5 部分：沉积物分析》GB 17378.5-2007/11.1	原子荧光法	0.06mg/kg
12	pH	《海洋调查规范第 8 部分：海洋地质地球物理调查》GB/T 12763.8-2007/6.7.2	pH 计法	/

### 3.2.7.3 评价方法与评价标准

#### (1) 评价方法

采用单项参数标准指数法计算沉积物的质量指数，即应用公式  $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： $P_i$  为第  $i$  种评价因子的质量指数；

$C_i$  为第  $i$  种评价因子的实测值；

$C_{si}$  为第  $i$  种评价因子的标准值。

沉积物评价因子的标准指数 $>1$ ，则表明该项指标已超过了规定的沉积物质量标准。

## (2) 评价标准

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020年）》，各监测站位执行的标准见表3.2.7-2。

表 3.2.7-2 秋季各站位执行的标准要求一览表

功能区名称	调查站位	标准要求
领海线以外	CD11、CD21、CD22、CD25、CD27	执行海洋沉积物质量一类标准
湛江-珠海近海农渔业区	CD01、CD03、CD07、CD08、CD09、CD13、CD15、CD16、CD18、CD20	

注：领海线以外没有划分海洋功能区，海洋沉积物质量按照第一类标准要求执行。

采用现状评价依据标准《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）进行评价，见表3.2.7-3。

表 3.2.7-3 海洋沉积物质量标准

沉积物质量指标	第一类	第二类	第三类
有机碳 ( $\times 10^{-2}$ ) $\leq$	2.0	3.0	4.0
硫化物 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	300.0	500.0	600.0
石油类 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	500.0	1000.0	1500.0
铜 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	35.0	100.0	200.0
铅 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	60.0	130.0	250.0
锌 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	150.0	350.0	600.0
镉 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	0.50	1.50	5.00
汞 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	0.20	0.50	1.00
砷 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	20.0	65.0	93.0
铬 ( $\times 10^{-6}$ ) $\leq$	80.0	150.0	270.0

### 3.2.7.4 沉积物质量调查结果与评价

秋季海洋沉积物粒度调查结果详见表3.2.7-4，沉积物质量监测结果详见表3.2.7-5。

全部沉积物调查站位均执行海洋沉积物质量第一类标准。由监测结果及标准指数表结果可知：所有调查站位的沉积物监测因子均符合海洋沉积物质量第一类标准要求。

表 3.2.7-4 秋季海洋沉积物粒度调查结果（略）

表 3.2.7-5 秋季海洋沉积物质量监测结果（略）

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

表 3.2.7-6 秋季海洋沉积物监测站位（执行第一类海洋沉积物质量）各要素标准指数  
（略）

## 3.2.8 海洋生物质量现状调查与评价

本节引用《阳江帆石海上风电项目海洋环境现状调查(春季)监测报告》(2022年5月)和《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告(2023年秋季)》(2023年12月),2022年4月(春季)和2023年11月(秋季)在项目附近海域进行的海洋生物质量现状调查数据。具体站位详见3.2.6.1节。

### 3.2.8.1 调查项目

调查项目包括铜、铅、锌、镉、铬、总汞、砷、石油烃。

### 3.2.8.2 采样与分析方法

#### (1) 采样方法

根据《海洋监测规范》(GB17378-2007)和《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)中的要求,在项目海域指定站点使用拖网等方式采集生物体后,选取具有代表性的样品进行分析检测。

#### ① 贝类

用清洁刮刀从其附着物上采集贝类样品,选取足够数量的完好贝类存于高密度塑料袋中,压出袋内空气,将袋口打结或热封,将此袋和样品标签一起放入聚乙烯袋中并封口,存于冷冻箱中。

#### ② 虾与中小型鱼类

按要求选取足够数量的完好生物样,放入干净的聚乙烯袋中,应防止袋子被刺破。挤出袋内空气,将袋口打结或热封,将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中,封口,于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长(热天不超过48h),可用冰箱或冷冻箱贮放样品。

### ③大型鱼类

测量并记下鱼样的体长、体重。用清洁的刀切下至少 100g 肌肉组织，厚度至少 5cm，样品处理时，切除玷污或内脏部分。存于清洁的聚乙烯袋中，挤出空气并封口，将此袋和样品标签一起放入另一聚乙烯袋中，封口，于低温冰箱中贮存。若保存时间不太长（热天不超过 48h），可用冰箱或冷冻箱贮存样品。

#### (2) 分析方法

生物体样品的预处理和分析方法遵照《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.8-1。

表 3.2.8-1 海洋生物质量调查项目及分析方法

序号	检测指标	检测依据	分析方法	检出限
1	石油烃	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/13	荧光分光光度法	0.2mg/kg
2	铜	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/6.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
3	铅	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/7.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg
4	镉	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/8.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.005mg/kg
5	总汞	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/5.1	原子荧光法	0.002mg/kg
6	砷	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/11.1	原子荧光法	0.2mg/kg
7	锌	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/9.1	火焰原子吸收分光光度法	0.4mg/kg
8	铬	《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》GB 17378.6-2007/10.1	无火焰原子吸收分光光度法	0.04mg/kg

### 3.2.8.3 评价方法与评价标准

#### (1) 评价方法

采用单项参数标准指数法计算生物的质量指数，即应用公式  $P_i=C_i/C_{si}$ 。

式中： $P_i$  为第  $i$  种评价因子的质量指数；

$C_i$  为第  $i$  种评价因子的实测值；

$C_{si}$  为第  $i$  种评价因子的标准值。

生物评价因子的标准指数  $>1$ ，则表明该项指标已超过了规定的生物质量标准。

#### (2) 评价标准

海洋生物质量（贝类）执行《海洋生物质量》（GB18421-2001）第一类标准。鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质含量评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准，砷、铬没有相应的标准以及甲壳类无石油烃评价标准，因此只做本底监测，不做评价。

表 3.2.8-2 海洋生物（贝类）质量标准（GB18421-2001）（鲜重：mg/kg）

序号	项目	第一类	第二类	第三类
1	总汞≤	0.05	0.10	0.30
2	砷≤	1.0	5.0	8.0
3	镉≤	0.2	2.0	5.0
4	铬≤	0.5	2.0	6.0
5	铅≤	0.1	2.0	6.0
6	铜≤	10	25	50（牡蛎 100）
7	锌≤	20	50	100（牡蛎 500）
8	石油烃≤	15	50	80

注：以贝类去壳部分的鲜重计

表 3.2.8-3 海洋生物体评价标准（湿重：mg/kg）

生物类别	铜	铅	镉	锌	总汞	石油烃	引用标准
鱼类	20	2.0	0.6	40	0.3	20	《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的生物质量评价标准
甲壳类	100	2.0	2.0	150	0.2	/	
软体类	100	10.0	5.5	250	0.3	20	

### 3.2.8.4 海洋生物质量调查结果与评价

#### (1) 春季

春季海洋生物体监测结果详见表 3.2.8-4。

FH35 调查站位采集到的贝类（双壳类）生物体质量执行《海洋生物质量》（GB 18421-2001）一类标准，其它调查站位采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质（石油烃除外）含量的评价标准参考《全国海岸和滩涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

## (2) 秋季

秋季海洋生物体监测结果详见表 3.2.8-5。

本次采集到的鱼类、甲壳类和软体类的生物体内污染物质（石油烃除外）含量的评价标准参考《全国海岸和滩涂资源综合调查简明规程》中规定的生物质量标准，石油烃含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。

由监测结果及标准指数表结果可知：海洋生物质量整体超标率为 0，没有出现超标现象。

表 3.2.8-4 春季海洋生物质量监测结果（单位：mg/kg）（略）

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

表 3.2.8-5 秋季海洋生物质量监测结果（单位：mg/kg）（略）

注：①包含“L”的检测结果表明其检测结果低于方法检出限，其中数值为方法检出限值，参与计算平均值和标准指数时，若未检出率少于等于 1/2，取 1/2 检出限值参与计算，若未检出率大于 1/2，取 1/4 检出限值参与计算。

表 3.2.8-6 春季海洋生物监测站位各要素标准指数（略）

注：①“/”表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数。

表 3.2.8-7 秋季海洋生物监测站位各要素标准指数（略）

注：①“/”表示指标的质量标准未作限值要求的标准指数。

## 3.2.9 海洋生态现状

### 3.2.9.1 调查概况

本节引用《阳江帆石海上风电项目海洋环境现状调查(春季)监测报告》(2022年5月)和《中广核江门川岛一海上风电项目海洋环境现状调查监测报告(2023年秋季)》(2023年12月)，2022年4月(春季)和2023年11月(秋季)在项目附近海域进行的海洋生态现状调查数据。具体站位详见3.2.6.1节。

### 3.2.9.2 调查方法

#### (1) 采集方法

##### ①叶绿素a和初级生产力

采样层次与水质采样层次相同，用采水器采集水样，经 GF/F 玻璃纤维滤膜过滤（过滤时抽气负压小于 50kPa）后，将滤膜对折，用铝箔包好，存放于低温

冷藏壶中，带回实验室分析，采用分光法测定叶绿素 a 的含量。初级生产力采用叶绿素 a 法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算。每 500mL 加入 2.00mL 碳酸镁溶液，使用抽滤泵抽滤。

### ②浮游植物

浮游植物定量分析样品用浅水 III 型浮游生物网（加重锤）自底至表层作垂直拖网进行采集。垂直拖网时，落网速度不超过 1m/s，起网为 0.5m/s。样品用鲁哥氏碘液固定，加入量为每升水加入 6.00mL~8.00mL。样品带回实验室经浓缩后镜检、观察、鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析。

### ③浮游动物

浮游动物样品用浅海 II 型浮游生物网（加重锤）从底层至表层垂直拖曳采集。采得的样品在现场用 5% 的中性甲醛溶液固定。在室内挑去杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在体视显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

### ④大型底栖生物

定量样品采用 0.05m<sup>2</sup> 采泥器，在每站位连续采集平行样品 4 次，经孔径为 0.50mm 的筛网筛洗干净后，放入 500mL 样品瓶中，加入体积分数为 5%~7% 的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。样品在实验室内进行计数、称重及种类鉴定，分析其种类组成、数量分布、主要优势种及其多样性分析，并提供其种类名录。

### ⑤潮间带生物

1) 在调查海区内选择不同生境（如泥滩、沙滩和岩滩）的潮间带断面，断面位置有陆上标志，走向与等深线垂直，选择在滩面底质类型相对均匀、潮带较完整、无人为破坏或人为扰动较小且相对较稳定的地点或调查断面，在每个剖面的高滩、中滩和低滩采集样品；

2) 泥、沙等软相底质的生物取样，用滩涂定量采样框。其结构包括框架和挡板两部分，均用 1.5~2.0mm 厚的不锈钢板弯制而成。规格：25cm×25cm×30cm。配套工具是平头铁锹。滩涂定量取样用定量框，通常高潮区布设 2 站、中潮带 3 站，低潮带 2 站（生物量较大时 1 个站），每站取 4~8 个样方（依据现场生物

量大小而定)；为防止人为因素干扰，样方位置用标志绳索(每隔5m或10m有一标志)于站位两侧水平拉直，各样方位置严格取在标志绳索所标位置，无论该位置上生物多寡，均不能移位；取样时，先将取样器挡板插入框架凹槽，用臂力或脚力将其插入滩涂内；继而观察记录框内表面可见的生物及数量；后用铁锹清除挡板外侧的泥沙再拔去挡板，以便铲取框内样品；铲取样品时，若发现底层仍有生物存在，将取样器再往下压，直至采不到生物为止；若需分层取样，视底质分层情况确定；

3) 用筛网孔目为1.0mm和0.5mm的过筛器进行生物样品筛选；

4) 为全面反映各断面的种类组成和分布，在每站定量取样的同时，应尽可能将该站附近出现的动植物种类收集齐全，以作分析时参考，定性样品务必与定量样品分装，切勿混淆；

5) 滩涂定量调查，未能及时处理的余渣，拣出肉眼可见的标本后把余渣另行装瓶(袋)，并用四氯四碘荧光素染色剂固定液，便于回实验室在双筒解剖镜下仔细挑拣；对一些受刺激易引起收缩或自切的种类(如腔肠动物、纽形动物)，先用水合氯醛或乌来糖少许进行麻醉后再行固定；某些多毛类(如沙蚕科、吻沙蚕科)，可先用淡水麻醉，最好能带回一些完整的新鲜藻体，制作蜡叶标本，以保持原色和长久保存。

6) 取样时，测量各潮区优势种的垂直分布高度和滩面宽度，描述生物分布带的特征；样品存放于500mL~1000mL样品瓶中，加入适量淡水于4°C环境中存放6~8h，可使海洋底栖环节动物产生应激反应，表现出形态特征，再用体积分数为5%~7%的中性甲醛溶液暂时性保存，便于室内鉴定。

#### ⑥ 鱼卵仔稚鱼

调查选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)的相关规定进行样品的采集、保存和运输。定量采样：网具使用浅水I型浮游生物网(水深<30m)或大型浮游生物网(30m<水深<200m)垂直采样，由海底至海面垂直拖网，水深较浅时采用水平拖网的方式采集样品。定性采样：采用拖网法，网具采用浅水I型浮游生物网或大型浮游生物网，于表层水平拖曳10min取得，拖速保持在2节左右。海上采得的浮游生物样



品按体积 5% 的量加入福尔马林溶液固定，带回实验室后将鱼卵仔鱼样品单独挑出，在解剖镜下计数和鉴定。

### ⑦游泳生物

游泳生物调查按照《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）的相关规定进行样品的采集、保存和运输。

1) 调查船舶要求：游泳生物调查船应由专业调查船承担，或选择适于在调查海区作业且设备条件良好的渔船承担，调查船舶应具备能在调查海区中定位的卫星定位仪、能在调查海区与陆地基地联络的通讯设备，性能良好的探鱼仪和雷达，能随时观察曳网情况的网位仪，与调查水深和调查网具相匹配的起网机和起吊设备，具备渔获物样品冷藏库或冷冻库。

2) 调查工作流程：采用单船有翼单囊拖网进行作业。调查时间选择在白天进行，综合拖速、拖向、流向、流速、风向和风速等多种因素，在距离站位位置 2n mile~3n mile 处放网，拖速控制在 2kn~3kn 左右，经 0.5~1h 后正好到达站位位置或附近。临放网前准确测定船位，放网时间以停止曳网投放，曳网着底开始受力时为准。拖网中尽量保持拖网方向朝向拖网站位，注意周围船只动态和调查船的拖网是否正常等，若出现不正常拖网时，视其情况改变拖向或立即起网。临起网前准确记录船位，起网时间以起网机开始卷收曳网时间为准。如遇严重破网等导致渔获量大量减少时，应重新拖网。

3) 样品处理：将囊网里全部渔获物收集，记录估计的网次总质量（kg）。渔获物总质量在 40kg 以下时，全部取样分析；渔获物大于 40kg 时，从中挑出大型的和稀有的标本后，从渔获物中随机取出渔获物分析样品 20kg 左右，然后把余下的渔获物按品种和不同规格装箱，记录该站位准确渔获物总质量（kg）。

### (2) 分析方法

样品的分析采用《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》（GB 17378.7-2007）、《海洋调查规范 第 6 部分：海洋生物调查》（GB/T 12763.6-2007）进行，各项目的分析方法如表 3.2.9-1。

表 3.2.9-1 海洋生态与渔业资源调查项目及分析方法

检测指标	检测依据	分析方法
叶绿素 <i>a</i>	《海洋监测规范 第 7 部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/8.2	分光光度法

检测指标	检测依据	分析方法
浮游植物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5	浓缩计数法
浮游动物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/5	镜检法
大型底栖生物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/6	镜检法
潮间带生物	《海洋监测规范 第7部分：近海污染生态调查和生物监测》GB 17378.7-2007/7	镜检法
鱼类浮游生物	《海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/9	镜检法
游泳动物	《海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查》GB/T 12763.6-2007/14	目测法

### 3.2.9.3 计算方法

#### (1) 初级生产力

采用叶绿素  $a$  法，按照 Cadee 和 Hegeman (1974) 提出的简化公式估算：

$$P = C_a Q L t / 2$$

式中： $P$ —初级生产力 ( $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ )；

$C_a$ —叶绿素  $a$  含量 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )；

$Q$ —同化系数 ( $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{mgChl}\cdot\text{a}\cdot\text{h})$ )，根据以往调查结果，取 3.7；

$L$ —真光层的深度 (m)，取透明度的 3 倍；

$t$ —白昼时间 (h)，根据以往调查结果，春季取 12，秋季取 11。

#### (2) 优势度( $Y$ ):

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

#### (3) Shannon-Weaver多样性指数( $H'$ ):

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

#### (4) Pielou均匀度指数( $J$ ):

$$J = H' / \log_2 S$$

#### (5) Margalef 丰富度指数( $D$ ):

$$D = (S - 1) / \log_2 N$$

上述 (2) ~ (5) 式中：

$n_i$ —第  $i$  种的个体数量 (ind) ;

$N$ —某站总生物数量 (ind) ;

$f_i$ —某种生物的出现频率 (%) ;

$P_i$ —第  $i$  种的个体数与总个体数的比值;

$S$ —出现生物总种数。

(6) 鱼卵仔鱼:

水平拖网密度计算:

$$N = \frac{n}{t \times V \times S}$$

式中:  $N$ —鱼卵仔稚鱼密度 (ind/m<sup>3</sup>) ;

$n$ —每网鱼卵仔稚鱼数量, 单位为 (ind) ;

$S$ —网口面积 (m<sup>2</sup>) ,  $S_{\text{大型浮游生物网}}=0.5\text{m}^2$ ;

$t$ —拖网时间 (h) ;

$V$ —拖速 (m/h) ;

垂直拖网密度计算:

$$N = \frac{n}{S \times L}$$

式中:  $N$ —鱼卵仔稚鱼密度 (ind/m<sup>3</sup>) ;

$n$ —每网鱼卵仔稚鱼数量, 单位为 (ind) ;

$S$ —网口面积 (m<sup>2</sup>) ,  $S_{\text{浅水 I 型网}}=0.2\text{m}^2$ ;

$L$ —采样绳长 (m) , 垂直拖网  $L$ =水深-2m。

(7) 渔业资源:

资源数量的评估根据底拖网扫海面积法 (密度指数法) , 来估算评价区的资源重量密度和生物个体密度。

$$S=(y)/a(1-E)$$

式中:  $S$ —重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 或个体密度 (ind/km<sup>2</sup>) ;

$a$ —底拖网每小时的扫海面积 (扫海宽度取浮纲长度的 2/3) ;

$y$ —平均重量渔获率 (kg/h) 或平均个体渔获率 (ind/h) ;

$E$ —逃逸率 (取 0.5) 。

(8) 游泳生物优势种

根据渔获物中个体大小悬殊的特点, 选用 Pinkas 等提出的相对重要性指数  $IRI$ , 来分析渔获物在群体数量组成中其生态的地位, 依此确定优势种。

$$IRI = (N+W) F$$

式中:  $N$ —某一种类的 ind 数占渔获总 ind 数的百分比;

$W$ —某一种类的重量占渔获总重量的百分比;

$F$ —某一种类的出现的断面数占调查总断面数的百分比。

### 3.2.9.4 海洋生态调查结果

#### (1) 叶绿素 a 与初级生产力

##### ①春季

调查海域表层叶绿素  $a$  含量大于中底层。各站表层叶绿素  $a$  含量变化范围为 (0.26~6.88)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 1.23 $\text{mg}/\text{m}^3$ ; 10m 水层叶绿素  $a$  含量变化范围为 (0.23~1.81)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 0.51 $\text{mg}/\text{m}^3$ ; 50m 水层叶绿素  $a$  含量变化范围为 (0.25~0.29) $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 0.27 $\text{mg}/\text{m}^3$ ; 底层叶绿素  $a$  含量变化范围为 (0.17~1.47)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 0.59 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素  $a$  的浓度, 各站叶绿素  $a$  浓度的变化范围为 (0.23~6.88)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 1.10 $\text{mg}/\text{m}^3$ , FH01 号站位叶绿素  $a$  平均值最高, FH35 号站位叶绿素  $a$  平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围为 (140.93~756.31)  $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 平均值为 303.24 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 其中 FH13 号站初级生产力值最高, FH35 号站初级生产力值最低。

##### ②秋季

本次调查结果显示, 各站表层叶绿素  $a$  变化范围在 (0.31~4.31)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 0.78 $\text{mg}/\text{m}^3$ ; 10m 水层叶绿素  $a$  变化范围在 (0.26~3.96)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 0.66 $\text{mg}/\text{m}^3$ ; 底层叶绿素  $a$  含量变化范围在 (0.20~2.83)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 0.53 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。以各站各层水样的平均值作为该站叶绿素  $a$  的浓度, 各站叶绿素  $a$  浓度的变化范围为 (0.27~3.70)  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为 0.65 $\text{mg}/\text{m}^3$ , CD27 站位叶绿素  $a$  平均值最高, CD01 站位叶绿素  $a$  平均值最低。

本次调查海域的初级生产力变化范围在 (253.974~2620.266)  $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 平均值为 529.602 $\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 其中 CD27 站位初级生产力值最高, CD09 站位初级生产力值最低。

## (2) 浮游植物

### ①春季

#### 1) 种类组成

本次调查共鉴定浮游植物 5 门 7 纲 18 目 23 科 99 种。硅藻门种类最多，共 12 科 70 种，占总种类数的 70.71%；甲藻门种类次之，出现 7 科 25 种，占总种类数的 25.25%；金藻门出现 2 科 2 种，占总种类数的 2.02%；绿藻门出现 1 科 1 种，占总种类数的 1.01%；裸藻门出现 1 科 1 种，占总种类数的 1.01%。

#### 2) 个体数量

调查区域内各站位浮游植物个体数量分布差异较大，均值为  $217.115 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，变化范围在  $(5.033 \sim 1805.999) \times 10^3 \text{ind/m}^3$  之间，最高个体数量出现在 FH01，FH03 次之，最低个体数量出现在 FH35。

从门类来看，调查的 24 个站位中均采集到硅藻门，平均个体数量为  $40.377 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，范围在  $(2.632 \sim 310.772) \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；其各站位占比平均值为 46.27%，硅藻门各站位个体数量的占比在 7.71%~92.91% 之间。甲藻门平均个体数量为  $176.448 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，范围在  $(1.068 \sim 1489.363) \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；其占比平均值为 53.57%，各站位个体数量百分比在 7.09%~92.29% 之间；其他藻门（包括金藻门、绿藻门和裸藻门）平均个体数量为  $0.291 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，其占比平均值为 0.16%，其他藻门各站位个体数量百分比在 0~1.83% 之间。

#### 3) 优势度

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 5 种，分别为具槽直链藻 (*Melosira sulcata*)、笔尖形根管藻 (*Rhizosolenia Sstyliiformis*)、夜光藻 (*Noctiluca scintillans*)、棱角藻 (*Ceratium fusus*) 和三角角藻 (*Ceratium tripos*)。夜光藻为第一优势种，优势度为 0.283，平均密度为  $103.987 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，占各站位平均密度的 47.89%。

#### 4) 多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 17~42 种。多样性指数平均值为 2.975，范围在 1.223~4.448 之间，多样性指数以 FH38 最高，FH06 最低。均匀度指数平均值为 0.629，范围在 0.299~0.906 之间，均匀度指数以 FH38 最高，FH06 最低。总体上，各调查站位浮游植物的多样性指数平均值在中等水平。丰富度指数范围

在 0.846~2.321 之间，平均值为 1.519，丰富度指数以 FH27 站位最高，FH06 站位最低。

## ②秋季

### 1) 种类组成

本次调查共记录浮游植物 4 门 5 纲 13 目 26 科 130 种。硅藻门种类最多，共 13 科 92 种，占总种类数的 70.77%；甲藻门种类次之，出现 11 科 35 种，占总种类数的 26.92%；蓝藻门出现 1 科 2 种，占总种类数的 1.54%；金藻门出现 1 科 1 种，占总种类数的 0.77%。

### 2) 个体数量

调查区域内各站位浮游植物个体数量变化范围在 (73.386~13803.664)  $\times 10^3 \text{ind/m}^3$  之间，平均值为  $2085.389 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ，最高个体数量出现在 CD01 站位，最低个体数量出现在 CD25 站位。

从门类来看，18 个调查站位中均采集到硅藻门，硅藻门个体数量范围在 (72.776~13745.349)  $\times 10^3 \text{ind/m}^3$  之间，平均值为  $2053.182 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；硅藻门各站位个体数量的占比在 85.41%~99.58% 之间，各站位占比平均值为 96.36%。蓝藻门个体数量范围在 (0.116~77.700)  $\times 10^3 \text{ind/m}^3$  之间，平均值为  $21.915 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；各站位个体数量百分比在 0.11%~9.47% 之间，占比平均值为 2.46%；其他类群（包括金藻门和甲藻门）个体数量范围在 (0.494~23.541)  $\times 10^3 \text{ind/m}^3$  之间，平均值为  $10.292 \times 10^3 \text{ind/m}^3$ ；各站位个体数量百分比在 0.13%~6.10% 之间，占比平均值为 1.19%。

### 3) 优势种及优势度

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，本次调查浮游植物优势种共出现 7 种，分别为劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、拟旋链角毛藻 (*Chartoceros pseudocurvisetus*)、柔弱伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia delicatissima*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*) 等，其中劳氏角毛藻为第一优势种，优势度为 0.260，平均密度为  $556.954 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ ，占各站位平均密度的 26.71%。

### 4) 多样性、均匀度指数及丰富度指数

各调查区站位浮游植物种数范围为 47~65 种。多样性指数范围在 2.840~3.940 之间，平均值为 3.434，多样性指数以 CD18 站位最高，CD13 站位最低；均匀度

指数范围在 0.475~0.657 之间，平均值为 0.582，均匀度指数以 CD18 站位最高，CD13 站位最低；丰富度指数范围在 2.192~3.103 之间，平均值为 2.690，丰富度指数以 CD17 站位最高，CD03 站位最低。

### (3) 浮游动物

#### ①春季

##### 1) 种类组成

本次调查浮游动物共出现 4 门 8 纲 13 目 34 科 63 种(包括浮游幼体 6 种)。分属 9 个不同类群，即枝角类、桡足类、介形类、端足类、十足类、毛颚动物、尾索动物、水母类和浮游幼体。其中，以桡足类出现种类数最多，为 39 种，占总种类数的 61.90%；浮游幼体次之，出现 6 种，占比 9.52%；其他类群出现种类较少。

##### 2) 个体数量与生物量

24 个调查站位浮游动物个体数量均值为 1850.117ind/m<sup>3</sup>，变化范围为 109.746~18431.817ind/m<sup>3</sup>，其中 FH01 最高，FH07 (为 6286.408ind/m<sup>3</sup>) 次之，FH32 最低。24 个调查站位浮游动物总生物量均值 827.550mg/m<sup>3</sup>，变化范围为 73.081~9159.091mg/m<sup>3</sup>，其中 FH01 最高，FH03 (总生物量为 2659.091mg/m<sup>3</sup>) 次之，FH36 最低。从类群密度分布来看，桡足类密度最高，为 27822.253ind/m<sup>3</sup>，占总密度的 62.66%；其次是浮游幼体，其密度为 8400.050ind/m<sup>3</sup>，占总密度的 18.92%。

##### 3) 优势种

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准，本次调查出现优势种 13 种。小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*) 为第一优势种，优势度均为 0.180，平均个体数量为 358.927ind/m<sup>3</sup>，占各站位平均个体数量的 19.40%，出现频率 100%。肥胖三角溞 (*Evadne tergestina*) 和红大眼水蚤 (*Corycaeus erythraeus*) 为第二优势种，优势度为 0.101。肥胖三角溞的平均个体数量为 158.184ind/m<sup>3</sup>，占各站位平均个体数量的 8.55%，出现频率 95.83%。红大眼水蚤的平均个体数量为 181.739ind/m<sup>3</sup>，占各站位平均个体数量的 9.82%，出现频率 100%。

##### 4) 多样性、均匀度指数及丰富度指数

本次调查,各调查区站位浮游动物种数范围为 13~34 种。浮游动物多样性指数较高,均值为 3.721,变化范围为 2.259~4.402,其中 FH35 最高, FH20 (4.377) 次之, FH01 (2.259) 最低;均匀度指数均值为 0.810,变化范围为 0.540~0.929,其中 FH10 最高, FH40 (0.919) 次之, FH04 最低。丰富度指数范围在 1.125~3.329 之间,平均值为 2.394,丰富度指数以 FH26 站位最高, FH01 站位最低。

## ②秋季

### 1) 种类组成

本次调查共记录浮游动物 6 门 9 纲 17 目 31 科 71 种(包括浮游幼体 5 种)。分属 10 个不同类群,即栉水母、水母类、被囊类、有尾类、腹足类、毛颚类、介形类、桡足类、樱虾类和浮游幼体。其中,以桡足类最多,为 43 种,占总种类数的 60.56%;水母类次之,出现 9 种,占总种类数的 12.68%;其他类群出现种类较少。

### 2) 个体数量与生物量

18 个调查站位浮游动物生物量变化范围在 (63.18~456.00)  $\text{mg}/\text{m}^3$  之间,平均值为 271.81 $\text{mg}/\text{m}^3$ ,其中 CD04 站位生物量最高, CD09 站位生物量最低;浮游动物个体数量变化范围在 (839.053~5884.312)  $\text{ind}/\text{m}^3$  之间,平均值为 3274.519 $\text{ind}/\text{m}^3$ ,其中 CD03 站位个体数量最高, CD09 站位个体数量最低。从类群密度分布来看,本次调查桡足类平均个体数量最高,为 1744.216 $\text{ind}/\text{m}^3$ ,占比为 53.27%;其次是浮游幼体,平均个体数量为 1227.981 $\text{ind}/\text{m}^3$ ,占比为 37.50%。

### 3) 优势度

以优势度  $Y \geq 0.02$  为判断标准,本次调查浮游动物优势种共 6 种。分别为桡足幼体 (Copepoda larvae)、小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*)、丽隆水蚤 (*Oncaea venusta*) 等,其中桡足幼体为第一优势种,优势度为 0.332,平均密度为 1086.334  $\text{ind}/\text{m}^3$ ,占各站位平均密度的 33.18%,出现频率 100%。

### 4) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查,各调查区站位浮游动物种数范围为 13~35 种。浮游动物多样性指数变化范围在 2.520~3.873 之间,平均值为 3.308,其中 CD17 站位最高, CD09 站位最低;均匀度指数变化范围在 0.549~0.768 之间,平均值为 0.695,其中 CD17



站位最高, CD22 站位最低; 丰富度指数范围在 1.035~2.497 之间, 平均值为 1.996, 丰富度指数以 CD20 站位最高, CD09 站位最低。

#### (4) 大型底栖生物

##### ①春季

##### 1) 种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 7 门 8 纲 17 目 29 科 35 种, 分属 7 个不同类群, 即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物、软体动物、纽虫动物和蠕虫动物。其中环节动物为主要生物群, 为 22 种, 占种类总数的 62.86%。

##### 2) 生物量和栖息密度

##### a、生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 24 个站位大型底栖生物的总平均生物量为  $5.409\text{g/m}^2$ , 总平均栖息密度为  $26.042\text{ind/m}^2$ 。生物量范围为  $(0\sim 30.130)\text{g/m}^2$ , FH08 站位的生物量最高, 其次为 FH03, FH26 生物量为 0; 栖息密度范围为  $(0\sim 110.000)\text{ind/m}^2$ , FH08 站位的栖息密度最高, 其次是 FH04, FH26 栖息密度为  $0\text{ind/m}^2$ 。

表 3.2.9-2 春季大型底栖生物生物量分布 (单位:  $\text{g/m}^2$ ) (略)

表 3.2.9-3 春季大型底栖生物栖息密度分布 ( $\text{ind/m}^2$ ) (略)

##### b、类群生物量和栖息密度分布

本次大型底栖生物调查中, 环节动物栖息密度最高, 为  $390.000\text{ind/m}^2$ , 占 62.40%; 其次为棘皮动物, 栖息密度为  $115.000\text{ind/m}^2$ , 占 18.40%。生物量最高的为环节动物, 为  $65.225\text{g/m}^2$ , 占总生物量的 50.24%; 其次为棘皮动物, 生物量为  $31.970\text{g/m}^2$ , 占总生物量的 24.63%。

##### 3) 优势度

以优势度指数  $Y \geq 0.02$  为判断标准, 本次调查的优势种共 2 种, 分别为钩齿短脊虫 (*Asychis cf. gangeticus*) 和日本倍棘蛇尾 (*Amphioplus japonicus*), 优势度分别为 0.040 和 0.103。

##### 4) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

该海域大型底栖生物多样性指数平均值为 1.484, 变化范围在  $0\sim 2.914$  之间, 多样性指数 FH36 站位最高。均匀度指数平均值为 0.822, 变化范围在  $0\sim 1.000$  之间, 均匀度指数 FH06、FH10、FH13、FH16、FH20、FH21、FH27、FH29、

FH32、FH38 和 FH40 站位均为 1.000。本次调查海区大型底栖生物多样性属于较低水平。丰富度指数范围在 0.000~2.023 之间，平均值为 1.066。

## ②秋季

### 1) 种类组成

本次大型底栖生物调查共记录大型底栖生物 5 门 6 纲 15 目 29 科 39 种，分属 5 个不同类群，即环节动物、棘皮动物、脊索动物、节肢动物和纽形动物。其中环节动物种类数最多，为 22 种，占种类总数的 56.41%。

### 2) 生物量和栖息密度

#### a、生物量及栖息密度的站位分布

本次调查海域 18 个站位大型底栖生物的生物量范围在 (0~190.525) g/m<sup>2</sup> 之间，平均生物量为 11.298g/m<sup>2</sup>，其中 CD07 站位的生物量最高，CD22 站位生物量最低；栖息密度范围在 (0~35.000) ind/m<sup>2</sup> 之间，平均栖息密度为 15.000 ind/m<sup>2</sup>，其中 CD17 站位的栖息密度最高，CD22 站位栖息密度最低。

#### b、类群生物量和栖息密度分布

从类群分布来看，本次大型底栖生物调查中棘皮动物平均生物量最高，平均生物量为 10.636g/m<sup>2</sup>，占比为 94.14%；其次为环节动物，平均生物量为 0.296g/m<sup>2</sup>，占比为 2.62%，最低为纽形动物，平均生物量为 0.014g/m<sup>2</sup>，占比为 0.12%。

环节动物平均栖息密度最高，为 8.611 ind/m<sup>2</sup>，占比为 57.41%；其次为节肢动物，平均栖息密度为 4.167 ind/m<sup>2</sup>，占比为 27.78%，最低为纽形动物和脊索动物，平均栖息密度为 0.278 ind/m<sup>2</sup>，占比为 1.85%。

表 3.2.9-4 秋季大型底栖生物生物量分布 (单位: g/m<sup>2</sup>) (略)

表 3.2.9-5 秋季大型底栖生物栖息密度分布 (单位: ind/m<sup>2</sup>) (略)

### 3) 优势度

以优势度指数  $Y \geq 0.02$  为判断标准，本次调查无明显优势种，其中优势度较高的物种有背蚓虫 (*Notomastus latericeus*)、蛛美人虾 (*Callianassa jocularis*)、阳遂足属 (*Amphiura* sp.) 和铜色巢沙蚕 (*Diopatra cuprea*)。

### 4) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查海域的大型底栖生物种类数范围在 0~6 种，多样性指数变化范围在 0~2.522 之间，平均值为 1.368，其中 CD17 站位最高；均匀度指数变化范围在

0.946~1.000 之间, 平均值为 0.992; 丰富度指数范围在 1.000~1.781 之间, 平均值为 1.306。

## (5) 潮间带生物

### 春季

#### 1) 潮间带岸相和生物种类组成

潮间带 3 个调查断面岸相分布情况: FC01、FC02 和 FC03 断面均为岩岸-沙滩断面。本次潮间带生物定性定量调查, 共记录潮间带生物 5 门 7 纲 16 目 31 科 43 种。本次调查采集到节肢动物 21 种、软体动物 18 种、脊索动物 2 种、棘皮动物和环节动物各 1 种, 分别占种类总数的 49.00%、42.00%、5.00%、2.00% 及 2.00%。

#### 2) 潮间带各断面优势种

对各断面定量调查物种数量分布情况进行统计分析结果表明, 本次调查区域潮间带生物优势种共有 8 种, 分别为平背蜞(*Gaetice depressus*), 优势度为 0.101; 平轴螺(*Planaxis sulcatus*), 优势度为 0.097; 短文蛤(*Meretrix petechailis*), 优势度为 0.059; 黄口荔枝螺(*Thais luteostoma*), 优势度为 0.046; 道格拉蛇尾(*Dougaloplus echinatus*), 优势度为 0.034; 字纹弓蟹(*Varuna litterata*), 优势度为 0.025; 光长眼寄居蟹(*Paguristes calvus*), 优势度为 0.021; 团聚牡蛎(*Saccostrea glomerata*), 优势度为 0.025。

#### 3) 潮间带各类群平均生物量及平均栖息密度

本次潮间带生物定量调查 3 个断面中软体动物的平均生物量和平均栖息密度最高, 其次是节肢动物。

#### 4) 潮间带各断面的生物量及栖息密度分布

3 个断面定量调查的平均生物量为  $337.366\text{g/m}^2$ , 平均栖息密度为  $117.110\text{ind/m}^2$ 。生物量最大的为 FC01 断面, 为  $600.309\text{g/m}^2$ ; 栖息密度最大的为 FC02 断面, 为  $161.998\text{ind/m}^2$ 。

#### 5) 潮间带各站位生物量及栖息密度分布

3 个断面 9 个站位定量采样总生物量为  $1012.099\text{g/m}^2$ , 总栖息密度为  $351.329\text{ind/m}^2$ 。FC01 号断面的低潮区生物量最高, 为  $478.788\text{g/m}^2$ ; 其次是 FC02 号断面的低潮区采样点, 生物量为  $213.396\text{g/m}^2$ ; FC01 号断面的高潮区采样点生

物量为最低,为 1.494g/m<sup>2</sup>。FC02 号断面低潮区的栖息密度最高,为 96.000ind/m<sup>2</sup>;其次是 FC01 号断面的低潮区,栖息密度为 76.000ind/m<sup>2</sup>; FC01 号断面的高潮区最低,为 2.000ind/m<sup>2</sup>。

#### 6) 潮间带断面水平分布和垂直分布

在调查断面的在水平分布上,生物量高低排序为 FC01>FC02>FC03,栖息密度高低排序为 FC02>FC01>FC03。

在调查断面的在垂直分布上,生物量高低排序为低潮区>中潮区>高潮区,栖息密度高低排序为低潮区>中潮区>高潮区。

#### 7) 潮间带生物多样性指数、均匀度和丰富度指数

多样性指数的变化范围不大,在 3.222~3.625 之间,平均值为 3.395;均匀度指数的变化范围为 0.835~0.906,平均值为 0.862;总的来说,多样性指数和均匀度均处于较高水平。丰富度指数范围在 2.439~2.700 之间,平均值为 2.527。

### 3.2.9.5 渔业资源调查结果

#### (1) 鱼卵仔稚鱼

##### ①春季

##### 1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼水平拖网的 24 个样品中,共出现了鱼卵 11 种,其中包括鲱形目 5 种,鲈形目 2 种,鲻形目、蝶形目、灯笼鱼目和鲭形目各 1 种;仔稚鱼 13 种,其中包括鲱形目 4 种、鲈形目 5 种、鲻形目 2 种,蝶形目和灯笼鱼目各 1 种。

##### 2) 数量分布

调查 24 个站位的鱼卵仔稚鱼定量拖网共采到鱼卵 240ind,仔稚鱼 172ind;鱼卵平均密度为 5.046ind/m<sup>3</sup>,仔稚鱼平均密度为 1.600ind/m<sup>3</sup>。FH03 鱼卵数量最多,密度为 49.999ind/m<sup>3</sup>,其次是 FH01,密度为 45.453ind/m<sup>3</sup>,出现在 17 个站位;FH10 站位仔稚鱼数量最多,密度为 22.081ind/m<sup>3</sup>,其次是 FH03,密度为 6.818ind/m<sup>3</sup>,出现在 14 个站位。

表 3.2.9-6 春季鱼卵仔稚鱼密度及其分布(垂直拖网)(略)

##### 3) 主要种类的数量分布(水平拖网)

##### a、鲻鱼 (*Mugil cephalus*)

本次调查出现的鲮鱼仔稚鱼共有 75 尾，出现在 11 个站位，平均密度为  $0.022\text{ind}/\text{m}^3$ ，鲮鱼仔稚鱼在调查海域中 FH11 站位数量最多。

#### b、鯷科 (Engraulidae)

本次调查出现的鯷科鱼卵共有 185 粒，出现在 5 个站位，平均密度为  $0.120\text{ind}/\text{m}^3$ ，鯷科鱼卵在调查海域中 FH11 站位数量最多。鯷科仔稚鱼共有 13 尾，出现在 2 个站位，平均密度为  $0.021\text{ind}/\text{m}^3$ 。

#### c、小公鱼 (*Stolephorus*)

本次调查出现的小公鱼鱼卵共有 147 粒，出现在 2 个站位，平均密度为  $0.238\text{ind}/\text{m}^3$ ，小公鱼鱼卵在调查海域中 FH23 站位数量最多。

### ②秋季

#### 1) 种类组成

本次鱼卵仔稚鱼调查中，共出现了鱼卵 13 种，其中包括鲈形目 9 种，鲱形目 3 种和鲾形目 1 种；仔稚鱼 21 种，其中包括鲈形目 13 种，鲱形目、鲾形目和鲮形目各 2 种，银汉鱼目和鲷形目各 1 种。

#### 2) 数量分布

调查 18 个站位的鱼卵仔稚鱼垂直拖网共采到鱼卵  $222\text{ind}$ ，仔稚鱼  $54\text{ind}$ ；鱼卵平均密度为  $0.549\text{ind}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均密度为  $0.146\text{ind}/\text{m}^3$ 。CD09 站位鱼卵密度最高，密度为  $2.877\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 CD22 站位，密度为  $1.849\text{ind}/\text{m}^3$ ，共 16 个站位捕获到鱼卵；CD21 站位仔稚鱼密度最高，密度为  $0.731\text{ind}/\text{m}^3$ ，其次是 CD20 站位，密度为  $0.306\text{ind}/\text{m}^3$ ，共 11 个站位捕获到仔稚鱼。

表 3.2.9-7 秋季鱼卵仔稚鱼密度及其分布（垂直拖网）（略）

注：鱼卵密度单位  $\text{ind}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼密度单位为  $\text{ind}/\text{m}^3$ 。

#### 3) 主要种类的数量分布（水平拖网）

##### a、鲷科 (Sparidae)

本次水平拖网调查出现的鲷科鱼卵共有 257 粒，出现在 9 个站位，鲷科鱼卵在调查海域中 CD07 站位数量最多；鲷科仔稚鱼共有 84 尾，出现在 7 个站位，鲷科仔稚鱼在调查海域中 CD21 站位数量最多。

##### b、鯷科 (Engraulidae)

本次水平拖网调查出现的鳀科鱼卵共有 545 粒，出现在 13 个站位，鳀科鱼卵在调查海域中 CD22 站位数量最多。鳀科仔稚鱼共有 45 尾，出现在 9 个站位，鳀科仔稚鱼在调查海域中 CD14 站位数量最多。

## (2) 游泳生物

### ①春季

#### 1) 种类组成

此次项目船号为粤江城渔 91069，使用的网具为网口宽 6.5m、网衣长 40m、网口目 100mm、网囊目 40mm 的底拖网，平均拖网船速控制在 2.8kn 左右。本次调查，共捕获游泳动物 3 门 3 纲 14 目 64 科 147 种，其中：鱼类 100 种，虾类 18 种（其中虾蛄类 7 种），蟹类 19 种，头足类 10 种。

各站位出现的物种数量有所差异，FH10 站位出现的种类数最多，有 34 种，FH01 站位的出现的物种数最少，为 10 种。

#### 2) 渔获率

##### a、总个体渔获率

本次调查该海区的渔业资源平均总个体渔获率为 377ind/h。其中，鱼类平均个体渔获率为 320ind/h，占平均总个体渔获率的 84.83%；虾类平均个体渔获率为 28ind/h，占平均总个体渔获率的 7.37%；蟹类平均个体渔获率为 9ind/h，占平均总个体渔获率的 2.47%；头足类的平均个体渔获率为 20ind/h，占平均总个体渔获率的 5.33%。

##### b、总重量渔获率

本次调查该海区的渔业资源平均总重量渔获率为 6.927kg/h。其中，鱼类平均重量渔获率为 5.624kg/h，占平均总重量渔获率的 81.19%；虾类平均重量渔获率为 0.377kg/h，占平均总重量渔获率的 5.44%；蟹类平均重量渔获率为 0.336kg/h，占平均总重量渔获率的 4.85%；头足类的平均重量渔获率为 0.590kg/h，占平均总重量渔获率分别为 8.52%。

##### c、幼体渔获率

调查站位的平均总幼体渔获率为 142ind/h，总幼体渔获量占站位总渔获量比例的平均值为 38.81%。各站位不同类群幼体个体渔获量平均值显示，调查海区

幼体渔获量中鱼类幼体个体渔获量最高,各站位不同类群幼体渔获占比平均值显示,本次调查渔获中鱼类幼体所占比例最高,蟹类次之,虾类最少。

### 3) 资源密度

本次调查渔业资源平均重量密度为  $426.258\text{kg}/\text{km}^2$ , 范围在  $(99.438\sim 1040.901)$   $\text{kg}/\text{km}^2$  之间, FH29 号站最高, FH03 号站最低; 平均个体密度为  $22.296\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ , 范围在  $(2.585\sim 78.086)\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$  之间, 个体密度最高的站位为 FH11 号站, 最低为 FH18 站位。

表 3.2.9-8 春季各站位渔业资源资源密度 (略)

### 4) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物多样性指数变化范围在  $1.116\sim 3.513$  之间, 平均值为  $2.608$ , 其中 FH10 站位最高, FH01 站位最低; 均匀度指数变化范围在  $0.336\sim 0.829$  之间, 平均值为  $0.632$ , 其中 FH18 站位最高, FH01 站位最低; 丰富度指数范围在  $0.917\sim 4.079$  之间, 平均值为  $2.194$ , 丰富度指数以 FH23 站位最高, FH01 站位最低。

### 5) 鱼类资源状况和优势种

#### a、资源密度估算

捕获的鱼类平均重量密度和平均个体密度分别为  $346.085\text{kg}/\text{km}^2$  和  $18.967\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 。在本次调查的 24 个站位中, 鱼类生物重量密度最大值出现在 FH29 站位, 重量资源密度估算值为  $1013.765\text{kg}/\text{km}^2$ ; 个体密度资源最大值出现在 FH11 号站位, 个体数量资源密度估算值为  $70.016\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 。

#### b、优势种

相对重要性指数 IRI 显示, 本次调查的鱼类优势种 (IRI>1000) 共有 2 种, 分别为多齿蛇鲻 (*Saurida tumbil*) 和黄斑鲷 (*Leiognathus bindus*)。多齿蛇鲻为本次调查的鱼类第一优势种 (IRI=3172.63), 其总生物渔获重量为  $36.399\text{kg}$ , 占鱼类总渔获重量的 26.97%; 总个体渔获量为 1007 个, 占鱼类总渔获个体数的 13.11%。

### 6) 虾类资源状况和优势种

#### a、资源密度估算

虾类平均重量密度和平均个体密度分别为 23.170kg/km<sup>2</sup> 和 1.622×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>。其中，重量密度变化范围为 (0~175.678) kg/km<sup>2</sup>，FH12 站位最高；个体密度分布范围为 (0~10.083) ×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>，FH12 站位最高。

#### b、优势种

相对重要性指数 IRI 显示，本次调查海域的虾类优势种为日本猛虾蛄 (*Harpisquilla japonica*) (IRI=1340.07)，其总生物渔获重量为 2.743kg，占虾类总渔获重量的 30.35%；总个体渔获量为 104 个，占虾类总渔获个体数的 15.659%。

### 7) 蟹类资源状况和优势种

#### a、资源密度估算

蟹类平均重量密度和平均个体密度分别为 20.670kg/km<sup>2</sup> 和 0.545×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>。其中，重量密度变化范围为 (0~78.394) kg/km<sup>2</sup>，FH40 号站位最高；个体密度分布范围为 (0~2.551) ×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>，FH40 号站位最高。

#### b、优势种

相对重要性指数 IRI 显示，本次调查海域的蟹类优势种 (IRI>1000) 为红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*) (IRI=1411.88)，其总生物渔获重量为 2.136kg，占蟹类总渔获重量的 26.49%。总个体渔获量为 25 个，占蟹类总渔获个体数的 11.16%。

### 8) 头足类资源状况和优势种

#### a、资源密度估算

头足类的平均重量密度和平均个体密度分别为 36.333kg/km<sup>2</sup> 和 1.161×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>。其中，重量密度范围为 (0~172.848) kg/km<sup>2</sup>，FH32 站位最高；个体密度分布范围为 (0~5.926) ×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>，FH32 号站位最高。

#### b、优势种

相对重要性指数 IRI 显示，本次调查海域的头足类优势种 (IRI>1000) 共 2 种，分别为中国枪乌贼 (*Loligo chinensis*) 和神户枪乌贼 (*Loligo sumatrensis*)。中国枪乌贼为本次调查的鱼类第一优势种 (IRI=2662.93)，其总生物渔获重量为 6.510kg，占头足类总渔获重量的 45.95%；总个体渔获量为 219 个，占头足类总渔获个体数的 45.34%。



## 9) 主要经济种类规格和分布

### a、主要经济鱼类

#### 多齿蛇鲭

地理分布：多齿蛇鲭分布于东海、台湾（南部东西两岸沿海）、南海；以及西起非洲东部，东到美国夏威夷，北至朝鲜、日本、菲律宾，南至澳大利亚等印度西太平洋海区。

生活习性：多齿蛇鲭为肉食性底层鱼类，主要栖息于泥沙底质的海域。栖息水深 10~60m。

本次调查的多齿蛇鲭体长范围为(116~299)mm，体重范围为(8.83~202.74)g，平均体重为 36.15g。

#### 黄斑鲷

地理分布：黄斑鲷分布于印度、斯里兰卡到印度尼西亚至台湾等处；在中国分布于南海和东海，是广东沿海常见物种。

生活习性：黄斑鲷属于热带沿海小型鱼，大都栖息于沙泥底沿岸，成群觅食于沙泥底海床，以底栖动物及浮游生物为主食。

本次调查的黄斑鲷体长范围为(72~102)mm，体重范围为(7.68~17.10)g，平均体重为 8.95g。

### b、主要经济虾类

#### 日本猛虾蛄

地理分布：日本猛虾蛄是印度-西太平洋的常见种，分布于印度尼西亚、马来西亚、阿拉弗拉海以及中国的南海和台湾海域等。

生活习性：日本猛虾蛄栖息于海岸沙地和红树林附近，40m 以下水深的沙底海域。主要以底栖无脊椎动物为食，如多毛类、小型甲壳类和双壳类软体动物等，有时也捕食浮游动物。

本次调查的日本猛虾蛄体长范围为(92~215)mm，体重范围为(4.89~81.51)g，平均体重为 26.37 g。

### c、主要经济蟹类

#### 武士螯 (*Charybdis miles*)

地理分布：武士螳广泛分布分布于日本、澳大利亚、菲律宾、新加坡、印度、阿曼湾、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：武士螳生活环境为海水，常见于水深 10-200 多米的沙质或泥质海底。

本次调查的武士螳体长范围为（49~87）mm，体重范围为（26.30~130.26）g，平均体重为 72.81g。

### **红星梭子蟹**

地理分布：红星梭子蟹分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：红星梭子蟹生活环境为海水，栖息于 10-30m 深的泥沙质海底，常见于拖网渔获中。

本次调查的红星梭子蟹体长范围为（87~156）mm，体重范围为（33.29~218.25）g，平均体重为 85.45g。

### **d、主要经济头足类**

#### **中国枪乌贼**

地理分布：中国枪乌贼主要分布在南海、泰国湾、马来群岛、澳大利亚昆士兰海域。中国枪乌贼的分布北界，约在 25°N 附近，分布东界约处于中国台湾岛的北端，即一般不越过台湾海峡。分布在西太平洋，具体为中国南海和东海至日本，澳大利亚东北部阿拉佛拉海至新南威尔士。

生活习性：平时栖息于外海水域。春夏季游向近岸岛屿附近生殖。喜弱光，白天潜伏海底，早晚上浮。主要食物为小型鱼类、甲壳类。雌雄异体，行交配，体内受精。

本次调查的中国枪乌贼体长范围为（61~150）mm，体重范围为（8.10~84.66）g，平均体重为 29.73 g。

#### **神户枪乌贼**

地理分布：神户枪乌贼分布于南海，日本群岛南部等海域。

生活习性：神户枪乌贼于浅海生活，暖水性明显，在南海底栖生物拖网中较常见。

本次调查的神户枪乌贼体长范围为(50~146)mm, 体重范围为(7.31~73.66)g, 平均体重为 26.46g。

## ②秋季

### 1) 种类组成

此次项目船号为粤江城渔 91108, 使用的网具为网上纲 24m、网衣长 20m、网口目 60mm、网囊目 20mm 的底拖网, 平均拖网船速为 3.0kn。

本次游泳动物调查共捕获 3 门 3 纲 15 目 64 科 162 种, 其中: 鱼类 107 种, 占总种类数的 66.05%, 虾类 23 种(其中虾蛄类 5 种), 占总种类数的 14.20%, 蟹类 24 种, 占总种类数的 14.81%, 头足类 8 种, 占总种类数的 4.94%。

### 2) 渔获率

#### a、尾数渔获率

本次调查该海区 18 个站位的游泳动物平均尾数渔获率为 658ind/h。其中, 鱼类平均尾数渔获率为 348ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 52.81%; 虾类平均尾数渔获率为 185ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 28.03%; 蟹类平均尾数渔获率为 122ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 18.55%; 头足类的平均尾数渔获率为 4ind/h, 占游泳动物平均尾数渔获率的 0.61%。

#### b、重量渔获率

本次调查该海区 18 个站位的平均重量渔获率为 7.816kg/h。其中, 鱼类平均重量渔获率为 4.860kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 62.17%; 虾类平均重量渔获率为 1.011kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 12.93%; 蟹类平均重量渔获率为 1.679kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 21.48%; 头足类的平均重量渔获率为 0.267kg/h, 占游泳动物平均重量渔获率的 3.42%。

### 3) 资源密度

#### a、尾数渔获密度

本次调查 18 个站位尾数渔获密度范围在(5.051~27.092) $\times 10^3$ ind/km<sup>2</sup>之间, 平均值为 14.921 $\times 10^3$ ind/km<sup>2</sup>, 尾数渔获密度最高的站位为 CD18 站位, 最低为 CD09 站位。

其中, 鱼类尾数渔获密度分布范围在 2.330~19.387 $\times 10^3$ ind/km<sup>2</sup>之间, 平均值为 7.838 $\times 10^3$ ind/km<sup>2</sup>, 其中 CD01 站位最高, CD08 站位最低; 虾类尾数渔获密度

分布范围在  $0.370\sim 14.392\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $4.162\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 CD07 站位最高，CD22 站位最低；蟹类尾数渔获密度分布范围在  $0.067\sim 12.196\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $2.831\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 CD18 站位最高，CD11 站位最低；头足类尾数渔获密度分布范围在  $0\sim 0.360\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $0.089\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ ，其中 CD25 站位最高。

#### b、重量渔获密度

本次调查 18 个站位渔业资源重量渔获密度范围在  $69.249\sim 273.941\text{kg}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $175.417\text{kg}/\text{km}^2$ ，CD20 站位最高，CD04 站位最低。

其中，鱼类重量渔获密度变化范围在  $16.041\sim 270.131\text{kg}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $108.590\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 CD20 站位最高，CD04 站位最低；虾类重量渔获密度变化范围在  $0.980\sim 91.118\text{kg}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $22.661\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 CD07 站位最高，CD20 站位最低；蟹类重量渔获密度变化范围在  $1.350\sim 117.766\text{kg}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $38.197\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 CD18 站位最高，CD07 站位最低；头足类重量渔获密度变化范围在  $0\sim 24.231\text{kg}/\text{km}^2$  之间，平均值为  $5.969\text{kg}/\text{km}^2$ ，其中 CD04 站位最高。

表 3.2.9-9 秋季各站位尾数渔获密度、重量渔获密度（略）

注：重量渔获密度单位为  $\text{kg}/\text{km}^2$ ，尾数渔获密度单位为  $\times 10^3\text{ind}/\text{km}^2$ 。

#### 4) 优势种

相对重要性指数显示，本次调查游泳动物优势种 ( $IRI\geq 1000$ ) 共 1 种，为日本金线鱼 (*Nemipterus japonicus*)，其总渔获重量为  $18.967\text{kg}$ ，占游泳动物总渔获重量的  $13.48\%$ ；日本金线鱼的总尾数渔获量为 746 个，占游泳动物总渔获尾数数的  $6.30\%$ 。

#### 5) 多样性指数、均匀度指数及丰富度指数

本次调查区域游泳动物生物种类数范围在  $29\sim 56$  种，多样性指数变化范围在  $2.405\sim 4.186$  之间，平均值为  $3.514$ ，其中 CD04 站位最高，CD01 站位最低；均匀度指数变化范围在  $0.490\sim 0.806$  之间，平均值为  $0.675$ ，其中 CD25 站位最高，CD01 站位最低；丰富度指数范围在  $2.919\sim 6.371$  之间，平均值为  $3.978$ ，丰富度指数以 CD04 站位最高，CD01 站位最低。

#### 6) 主要经济种类规格和分布

##### a、主要经济鱼类

### 日本金线鱼

地理分布：分布于印度西太平洋区，包括东非、红海、波斯湾、塞舌尔群岛、马尔代夫、斯里兰卡、印度、日本、韩国、中国台湾地区、中国东海、南海、菲律宾、印尼、越南、马来西亚、新加坡、泰国、缅甸、安达曼群岛等海域。

生活习性：主要栖息于沿岸及近海砂泥底质的水域，栖息深度可达 80 公尺深。主要觅食甲壳类、头足类或其他小鱼等为食

本次调查的日本金线鱼体长范围为 49~157mm，体重范围为 2.09~74.43g，平均体重为 25.43g。

#### b、主要经济蟹类

### 红星梭子蟹

地理分布：红星梭子蟹分布于日本、夏威夷、菲律宾、澳大利亚、新西兰、马来群岛、印度洋直至南非沿海的整个印度太平洋暖水区、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建等地。

生活习性：红星梭子蟹生活环境为海水，栖息于 10-30m 深的泥沙质海底，常见于拖网渔获中。

本次调查的红星梭子蟹体长范围为 26~68mm，体重范围为 9.05~214.31g，平均体重为 97.78g。

## 3.2.10 电磁环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年秋季）调查报告》（2023 年 10 月）和《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年冬季）调查报告》（2023 年 12 月）。

### 3.2.10.1 调查概况

2023 年 9 月 6-7 日、2023 年 12 月 6-7 日对项目附近海域进行了电磁辐射环境现状调查，调查站位布设参见表 3.2.10-1 和图 3.2.10-1。

表 3.2.10-1 电磁环境调查站位

监测站位	东经	北纬	监测内容
S1	112°21'58.05"	21°07'09.87"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S2	112°19'44.14"	21°07'10.29"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S3	112°17'23.86"	21°07'09.83"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S4	112°17'21.93"	21°04'36.76"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射

监测站位	东经	北纬	监测内容
S5	112°20'02.60"	21°04'26.87"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S6	112°19'04.74"	21°05'47.06"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S7	112°18'20.25"	21°03'32.34"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S8	112°17'23.39"	21°00'44.25"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射
S9	112°22'39.80"	21°05'01.33"	水下噪声、水上噪声、电磁辐射

图例

★ 水下噪声、水上噪声、电磁辐射

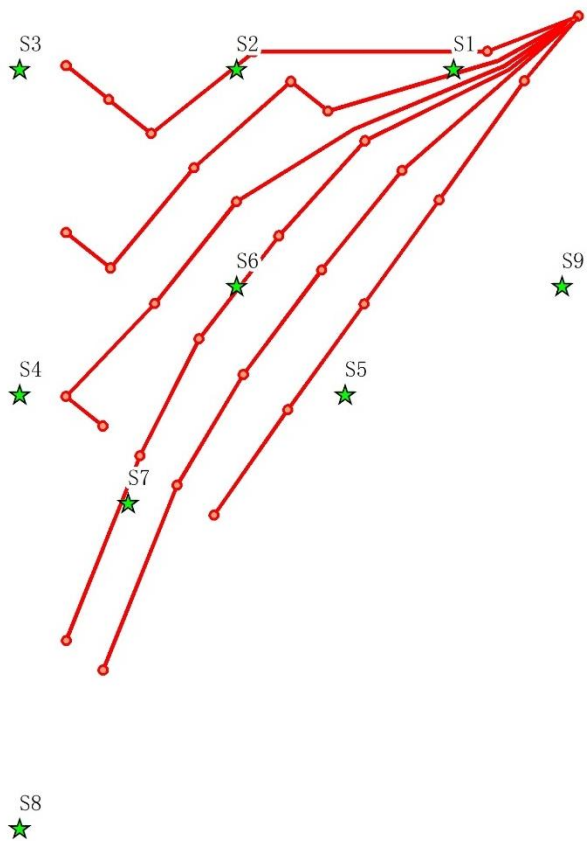


图 3.2.10-1 电磁环境调查站位图

### 3.2.10.2 调查内容

调查内容包括工频电场强度和工频磁场感应强度。

### 3.2.10.3 分析方法

分析方法及使用仪器一览表见表 3.2.10-2。

表 3.2.10-2 分析方法及使用仪器一览表

检测项目	分析方法	分析仪器名称
工频电场强度	《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》 HJ 681-2013	电磁辐射分析仪 SEM-600
工频磁场强度	《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》 HJ 681-2013	电磁辐射分析仪 SEM-600

### 3.2.10.4 检测结果

秋季统计结果详见表 3.2.10-3，拟建风电场区工频电场强度介于 0.07~0.11V/m 之间，磁感应强度介于 0.0070~0.0126 $\mu$ T 之间，均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的要求（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为 4000V/m 和 100 $\mu$ T）。

冬季统计结果详见表 3.2.10-4，拟建风电场区工频电场强度介于 0.07~0.27V/m 之间，磁感应强度介于 0.0067~0.0126 $\mu$ T 之间，均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的要求（交流输变电工程对应的频率为 50Hz，其推荐限值分别为 4000V/m 和 100 $\mu$ T）。

表 3.2.10-3 秋季电磁环境调查结果（略）

表 3.2.10-4 冬季电磁环境调查结果（略）

## 3.2.11 噪声环境现状调查与评价

本节引自《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年秋季）调查报告》（2023 年 10 月）和《江门川岛（一）海上风电项目（2023 年冬季）调查报告》（2023 年 12 月）。

### 3.2.11.1 调查概况

2023 年 9 月 6-7 日、2023 年 12 月 6-7 日对项目附近海域进行了声环境质量调查，调查站位布设与电磁调查站位一致，详见表 3.2.10-1 和图 3.2.10-1。

### 3.2.11.2 调查内容

水上噪声包括等效连续声级、累积百分声级 L10(dB)、累积百分声级 L50(dB) 和累积百分声级 L90(dB)。水下噪声调查内容为频程频带声压级(Lps)、噪声功率谱密度级以及各测点的峰值声压级。

### 3.2.11.3 调查结果

#### (1) 秋季

##### 1) 水上噪声环境调查结果

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在 56~63dB 之间。

表 3.2.11-1 秋季工程海域水上声环境监测结果（略）

2) 水下噪声环境调查结果

工程海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 72dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 12dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 104dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 95dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 92dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 77dB 以下。

(1) 冬季

1) 水上噪声环境调查结果

由海上声环境现场调查结果可知，该工程海域海面上环境噪声无计权等效噪声级主要分布在 48~54dB 之间。

表 3.2.11-2 冬季工程海域水上声环境监测结果（略）

2) 水下噪声环境调查结果

工程海域水下环境背景噪声声谱级随着频率的增高而下降，在 20Hz~20kHz 频率范围内，噪声谱级的总动态变化范围是 71dB，而在特定频率（如 100Hz）的噪声功率谱级的动态变化范围为 11dB。总体上，在 100Hz 以上的频率的噪声谱级在 98dB 以下；500Hz 以上频率的噪声谱级均在 87dB 以下；1kHz 以上频率的噪声谱级在 87dB 以下；而在 5kHz 以上频率，噪声谱级在 75dB 以下。

### 3.2.12 鸟类资源

本节引自《江门川岛一海上风电场项目鸟类调查专题报告》(2023 年 11 月)。

#### 3.2.12.1 调查方法

(1) 调查范围

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》(国家海洋局, 2014 年 4 月), 鸟类生态环境现状调查范围应至少涵盖工程边界线向外扩展 8km 区域, 并视受保护鸟类受影响程度适当增加。结合本项目实际情况, 调查范围以工程区域及周边 8km 海域为主, 辅以距离风电场最近的阳江市东平镇、江门台山市北陡镇、汶村镇的部分陆地海岸线近 3 年鸟类现状调查资料。





图 3.2.12-1 鸟类现状调查范围示意图

## (2) 调查内容

主要包括调查区域环境概况、鸟类种类组成、数量、居留型及食性；主要迁徙鸟类的种类、数量、迁徙行为、飞行模式等；鸟类优势类群及其生境选择；国家级重点保护鸟类受保护鸟类的种类与数量。

## (3) 调查时间

夏季调查时间为 2023 年 8 月 22 日-25 日，秋季调查时间为 2023 年 11 月 19 日-22 日。

## (4) 调查方法

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》制定的方法调查海上风电场及周边的鸟类。

### ①样线（带）法

本次调查主要使用海上样线法，即调查人员乘船沿固定线路前进，调查人员从船上调查船两侧 400m 以内飞行和水中海鸟，船行的速度在 7-16 节，完整地记录所见样线两侧的鸟种、数量、高度或距离，并采用快照的方法以确定鸟类密度。

其中，调查样线×两侧宽度=调查样带，样带面积为调查评价范围的 10%。实际调查时，先乘船驶至项目实施区域，定位至调查区域坐标角点，再按事前规划好的样线分布图在调查区域内前进，至边界坐标时折返，最后以到达调查区域相对角点为结束。

#### ②样点法

采用样点法作为样线法的补充，在区域内选取固定的观察点进行观察计数，项目场址内主要选择测风塔作为观测样点，周边区域根据生境异质性选择沙滩、泥滩、红树林、浅海、农田等类型设置观测点，通过乘船或步行用望远镜开展调查。

#### ③繁殖鸟类调查法

对于在沿岸区域内发现具有繁殖和育雏行为的种类，采用密度法估算繁殖种群数量。

#### ④休息场统计

在沿岸滩涂发现越冬鸟类休息场，在涨潮时滩涂出露时有多种水鸟在滩上觅食，涨潮时到未淹没沙滩上集群停歇，采用直接计数方法对该区域进行鸟类种类及数量统计。

### (5) 调查统计

直接计数法得到的某种鸟类数量总和即为该区域该种鸟类的数量。

样带（方）数量计算公式为  $N = \bar{D} * M$ （ $N$ —某区域某种动物数量； $\bar{D}$ —该区域该物种平均密度； $M$ —该调查区域总面积）。 $\bar{D} = \sum_{i=1}^j Ni / \sum_{i=1}^j Mi$ （ $\sum_{i=1}^j Ni$ — $j$  个样带（方）调查的该物种数量和； $\sum_{i=1}^j Mi$ — $j$  个样带（方）总面积）。

把整个调查过程中的每种鸟类数量总和除以鸟类调查总数量，求出该种鸟类所占百分数。当百分数大于 50% 为极多种，用“++++”表示；百分数为 10%-50%，为优势种，用“+++”表示；当百分数为 1%-10%，为常见种，用“++”表示；当百分数小于 1%，为稀有种，用“+”表示。

### (6) 鸟类监测数据分析

详述调查区域内各季节鸟类分布和密度、特有种、受保护物种、受胁物种和

关注物种的生态学特征，评估项目区域作为鸟类栖息、觅食、繁殖和/或换羽地的重要性。采用图表和名录详细列出评价区域历史和现场调查观测到的种类和数量，包括鸟类名称（中文名和学名）、记录数量、发现地点、时间、是否受保护物种、区域水鸟总数 1%水鸟、区域具有代表性指标物种等。

### 3.2.12.2 区域概况分析

#### (1) 夏季调查（2023 年 8 月）情况

2023 年 8 月为夏季调查，本次调查共记录鸟类 37 种，隶属 11 目 29 科。优势类群为鸽形目和雀形目，分别各有 13 种。其中水鸟 22 种，其余 15 种为陆鸟。数量上，共记录 1183 只次，优势种为白鹭、铁嘴沙鸨、环颈鸪，数量分别占该月调查总数量的 19.7%、18.9%和 17.8%。常见种有家燕、池鹭、蒙古沙鸨、白额燕鸥、牛背鹭、青脚鹬、白头鹎、大白鹭、暗绿绣眼鸟、红脚鹬等 10 种，以上 13 种共占当季调查数量的 89.4%。

居留型方面，留鸟种类较多，有 20 种，冬候鸟有 6 种，夏候鸟有 6 种，迁徙过境鸟有 5 种，以上部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上以留数量最多，占 39.5%，其次为过境迁徙鸟占 24.7%，冬候鸟占 23.4%，夏候鸟占 12.5%。本季度的留鸟占比例最高，且总体鸟类数量明显较其他季节少。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共有 22 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 9 种，包括白额燕鸥、褐翅燕鸥、粉红燕鸥、黄斑苇鹀、绿鹭、池鹭、牛背鹭、大白鹭、白鹭等；列入国家重点保护野生动物名录的有 4 种，均为二级保护动物，包括褐翅鸬鹚、翻石鹬、大滨鹬、岩鹭等；列入国家保护动物红色名录近危级别以上的有大滨鹬一种，为易危（VU）级别；列入 IUCN 红皮书近危级别以上的有 2 种，其中大滨鹬为濒危（EN）级别、灰尾漂鹬为近危（NT）级别；没有列入 CITES 附录的物种；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 18 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种共有 17 种。

#### (2) 秋季调查（2023 年 11 月）情况

2023 年 11 月为秋季调查，本次调查共记录鸟类 45 种，隶属 8 目 20 科。优势类群为鸽形目，有 17 种，其次为雀形目，有 15 种。水鸟有 28 种，陆鸟为 17 种。数量上，共记录 2143 只次，优势种为白鹭和大白鹭，数量分别占该月调查

总数量的 25.5%和 14.9%。常见种为黑腹滨鹬、环颈鸻、铁嘴沙鸻、苍鹭、池鹭、泽鹬、反嘴鹬、白额鸕、牛背鹭、青脚鹬、家燕等 11 种，以上 13 种共占当季调查数量的 88.6%。说明本季度优势种数量占比例较大。

居留型方面，本月种类中留鸟共有 21 种在本地区有留鸟种群，16 种在本地区有冬候鸟种群，迁徙过境鸟和夏候鸟分别有 6 种和 2 种，其中部分种类在本地区有多个居留型的种群。数量上也是留鸟占优，占总数量的 52.3%，冬候鸟和迁徙过境鸟也较多，分别占总数量的 30.8%和 13.1%，夏候鸟仅占 3.8%。可以看出在该季节已经有较多越冬种类到达本地，尚有少量夏候鸟未迁离。

列入各类保护名录的珍稀濒危保护物种共 28 种，其中属于广东省重点保护陆生野生动物的有 10 种，包括凤头鸕、黑翅长脚鹬、反嘴鹬、普通燕鸥、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、蓝翡翠；列入国家重点保护野生动物名录中的二级保护动物的有翻石鹬、大滨鹬和岩鹭等 3 种；列入国家保护动物红色名录近危级别以上的物种有大滨鹬一种，为易危（VU）级别；属于 IUCN 红皮书近危级别以上的有 3 种，分别为黑尾膝鹬（NT）、大滨鹬（EN）和红颈滨鹬（NT）；没有列入 CITES 附录的物种；属于《中华人民共和国政府和日本国政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录内的物种共有 22 种，列入《中国政府和澳大利亚政府保护候鸟及其栖息环境的协定》名录的物种有 18 种。

### 3.2.12.3 海域鸟类现状

风电场所在区域以及周边 8km 缓冲区域内均为浅海海域，调查主要通过乘船沿样线观察，期间仅发现极少量燕鸥类和白额鸕飞行。将调查范围扩展至沿岸浅海海域，则在海域中共发现鸟类 3 目 3 科 7 种，共 103 只次，其中多数个体在离岸 2-5km 范围内发现。鸥类和燕鸥类鸟类是在海面活动较多的种类，燕鸥类多在春夏季出现，喜集群在海面低空飞行觅食，也会跟随渔船尾部啄食被海浪翻滚至水面的鱼类，鸥类则主要在冬季记录到。普通鸕喜欢在近岸海边岩石上停留。岩鹭主要位于近岸小型岛屿的岩礁海岸，多在岛屿和岩岸周边低空开展飞行活动，并不飞出外海。

本次海域部分的调查记录到数量较多的有白额鸕和白额燕鸥，其中白额鸕是典型的海洋性鸟类，喜欢在海面梭巡捕食鱼类，单独或集小群活动，在距离海岸 10-20km 左右分布较多，到项目场址内则分布较少，仅有 2 次记录。白额燕鸥在

沿岸沙滩有繁殖对，夏季观测到较多在近岸活动，偶有部分在海面飞行，但距离海岸较近，在 5km 以内，在项目场址范围内没有记录。其余种类中活动范围离岸较远的还有褐翅燕鸥和粉红燕鸥，其中褐翅燕鸥在项目场址内也有 2 次记录。岩鹭是本次海域记录到唯一一种国家二级保护动物，在近岸岛屿岩礁上有繁殖种群，但数量较少，据密度估算共约 10-15 只。鸥类和燕鸥类的鸟类属于广东省的省级重点保护动物，在离岸小型无人岛礁上有繁殖群体，繁殖期在海面活动较为频繁。总体上，海域调查到的种类中，褐翅燕鸥、白额鸕等飞行活动范围离岸较远，会经过风电场所在区域。

#### 3.2.12.4 沿岸鸟类现状

和海上调查相比，沿岸鸟类在物种和数量上均远高于海上风电场场区及周边海域。本调查共记录种类 8 目 22 科 53 种，数量 3223 只次，占本项目调查总数的 96.4%。种类以白鹭、大白鹭等鹭科鸟类和铁嘴沙鸕、环颈鸕、黑腹滨鸕等小型鸕类为主，也有一些过境种类，如翻石鸕、翘嘴鸕、灰尾漂鸕、大滨鸕等，主要分布在沿岸滩涂。因此沿岸滩涂是本区域鸟类主要觅食地和栖息地。

除迁徙越冬候鸟，本次调查还发现在沙滩生境有繁殖水鸟，主要为环颈鸕华南亚种（*C. a. dealbatus*，最新文献将其提升为独立的种，白脸鸕 *C. dealbatus*）和白额燕鸥，其中环颈鸕春季在沙滩上繁殖，冬季则和北方种群混群觅食和栖息，根据密度估算，繁殖对数约 50-80 对，每对繁殖幼体约 2-4 只。白额燕鸥的繁殖对数约 30-50 对，每对繁殖幼体约 2-4 只。总体上在项目区域沿岸繁殖的水鸟种群主要集中在三丫港等沙滩，其余地点数量较少，且该类物种栖息和觅食均在沙滩周边，基本不受海上风电设施影响。

本项目位于川山群岛沿岸海区，广东省科学院动物研究所此前曾在同属该海区的阳西溪头镇、阳江海陵岛、台山上川岛进行全年度的鸟类调查，其地理区系和生态环境相近，具有类比性和可比性，是本次调查的有益补充。结合以上区域近五年记录，周边分布的鸟类种类共有 157 种，说明该地区沿海鸟类种类丰富，生态环境良好。其中大部分鸟类分布于红树林区和滩涂区域，主要是由于近岸湿地底栖动物丰富，是多种涉禽（包括鹭科鸟类、鸕类等）的主要食物来源。而本项目场址所在地距离鸟类分布主要区域海陵湾约 60km。远大于大部分鸟类活动的半径范围（5-20km），且没有底栖动物分布，对红树林区和滩涂区域的鸟类

基本没有影响。

### 3.2.12.5 鸟类迁飞路线与飞行高度分析

风力资源的地理分布大多与鸟类迁徙通道相重叠，尤其在中国，在沿海、岛屿、内陆湖泊、河流、水库地区的附近是风力资源最丰富的地区，也是水鸟迁徙的主要停歇地带（卞兴忠和蒋志学, 2010）。鸟类在全球的迁徙路线可分为 8 个主要迁飞区（Bamford et al, 2008），中国东南沿海位于其中最大的“东亚-澳大利西亚迁徙通道”上，是多种候鸟迁徙的中途停歇驿站和越冬地，其中沿海滩涂是迁徙水鸟主要集中栖息的区域。距离项目场址最近的阳江沿岸位于中国广东省西部沿海，其东侧的海陵岛和溪头港，有多种迁徙候鸟停歇记录，环志观测结果显示途径溪头港的候鸟会迁飞至澳大利亚西部。

鸟类的迁徙路线，虽然在大尺度上可能体现出空间上的近似关系。但是具体的迁飞路径，停歇地点有很大的种间变异，甚至种内的不同种群之间均有变异。研究鸟类迁徙，需要对鸟类进行环志标记或者卫星追踪调查。目前研究表明，大部分迁徙性水鸟的连续飞行距离较长，经常进行上千公里甚至数千公里的连续飞行（马志军, 2013）。大部分对迁徙路线的研究采用直线将营巢地—中途停歇地—越冬地之间联结起来，形成理论上的迁徙路线，然而受地面构造、景观类型、植被、食物及天气等各种条件影响，实际路线有所偏差。如雁鸭类大都集中于内陆水域，沿湖泊、河流迁徙，鸕鹚类则多沿海岸绕行（张孚允和杨若莉, 1997）。根据项目场址所在的沿岸地形地貌、景观类型、鸟类栖息生境等分布情况，结合实际观察，迁徙鸟类在阳江和江门沿海及周边近岸海域的经停点主要是沿岸滩涂湿地和离岸岛屿，迁徙路线主要沿海岸迁徙，部分会跨越南海。其中沿海滩涂湿地是迁飞候鸟主要栖息生境。

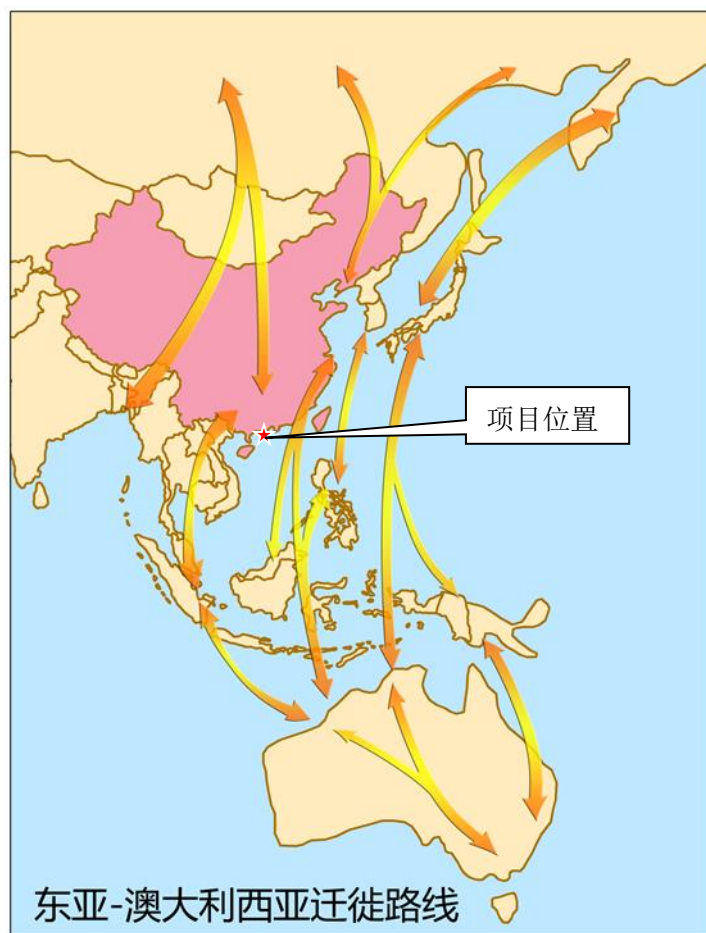


图 3.2.12-2 东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线示意图

近年来，随着我国科技进步和自主研发力量增强，鸟类卫星跟踪设备往轻量级、长续航、高精度、信号间隔短等方向发展，为明确鸟类迁徙路径提供了极大的便利。通过对比多个研究结果，选取其中不同类群的鸟类作为案例，列举候鸟经过南海或广东沿岸的迁徙路线。从图 3.2.12-3 可以看出，总体上不同类群的候鸟迁徙路线大致上和图 3.2.12-2 示意的方向接近，其中鹤类和鹳类多从粤东或粤中便离开沿岸飞越南海往澳大利亚、新西兰等地越冬，而迁徙的鹭类则有部分横越广东沿海，从琼州海峡穿过往越南、泰国等地越冬，总体上飞越粤东以南海域的种类较多。

图 3.2.12-3 不同类群鸟类迁徙路线（上：环颈鹤；下左：黄嘴白鹭；下右：中杓鹬，星型符号为项目场址）（略）

据研究资料显示（图 3.2.12-4），候鸟迁徙季节的迁飞高度一般超过 300m：普通鸟类迁徙过程中飞翔高度在 400m 以下，鹤类在 300-500m，鹳、雁等最高可

达 900m（卞兴忠和蒋志学, 2010）。本区主要沿海岸迁徙飞行种类为鸕鹚类、鹭类、小型雁鸭类、鸥类，基本没有大型的鸕鹚类，迁徙飞行高度一般为 300m-400m 之间。但是也有研究发现沿海面飞行的鸟类通常飞行高度较陆地低（Ross-Smith et al., 2016）。

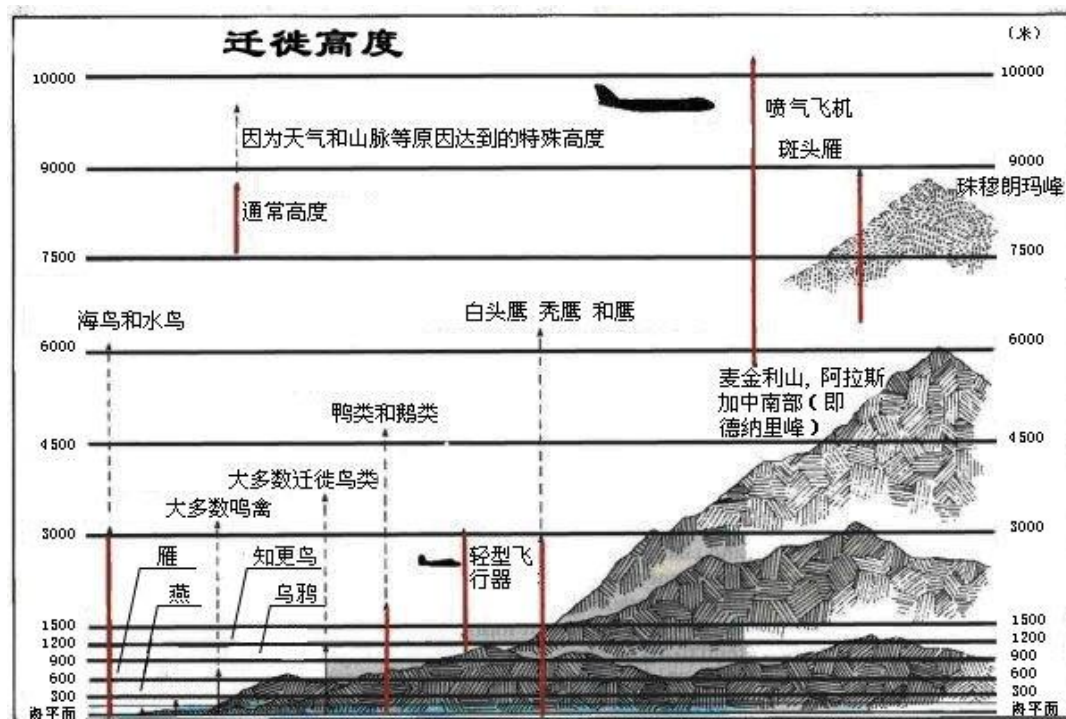


图 3.2.12-4 不同鸟类类群的飞行高度示意图

而对于鸟类的日常飞行（如往返于休息地与觅食地、饮水地等）来说，飞行高度会较长途迁徙低，尤其是在觅食等情况下，一般低于 100m。小型雀形目鸟类很少在海面飞行，项目范围可能涉及到的种类中，猛禽、鸥和燕鸥、军舰鸟等海洋鸟类等是较常见在海面活动的类型。在西班牙南部的 Tarifa 研究发现（Barrios and Rodriguez, 2004），猛禽在风场区域翱翔时，会选择避开叶片旋转能达到的高度范围，如繁殖期和冬季选择在较低的高度飞行（平均在 57-59m 之间），其余时期是飞行高度则在 110m 左右，在其他区域其高度差异不明显（繁殖期 68.20m，越冬期 60.07m，非繁殖季节 79m）。且观察到大部分鸟类在穿过风机列时会显著提升飞行高度，以避开碰撞。本次调查中也发现，在远离风机的海面褐翅燕鸥的飞行高度为距离海面 20-50m，但当靠近风电场时则提升高度至风机轮毂上方，超过 100m（图 3.2.12-5）。另外，在不良的气象条件下，如大雾、降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类也会降低飞行高度（Drewitt and Langston, 2006）。





图 3.2.12-5 褐翅燕鸥在已建风电场外围和飞越风电场时的高度变化

### 3.2.12.6 受影响类群及代表性物种分析

在广东沿海地区，迁徙鸟类以水鸟为主，其中大部分为候鸟，尤其是种类最多的鸕鹚类，主要以沿海滩涂生境为主要栖息地，而本项目位于海域，距离沿海滩涂超过 40km，因此鸕鹚类不会长时间停留在本项目场址相关区域，仅在海面迁飞过程中可能经过风机所在场址（张孚允和杨若莉，1997）。鹭科鸟类是会利用岩岸及近岸海面作为栖息觅食的类型，其中岩鹭作为海岛岩岸生境的特有种类，是最有可能受到影响的种类。鸥类、燕鸥类和海洋性鸟类是利用海面较多的水鸟类群，其中鸥类、燕鸥类多于浅海区域或近岸滩涂活动，但有时会跟随渔船在海面集群觅食，然而随着风电场的建成鱼类分布发生改变，渔船也不会驶入场址，鸥类与风机发生碰撞的几率也随之降低。海洋性鸟类，如白额鹫、军舰鸟、鲣鸟等，会在海面梭巡，但一般不会集大群，且数量较少。此外，鸮等猛禽也发现常于海面上空盘旋。但大多数时间猛禽的飞行高度远高于风机运行高度，仅觅食时会靠近海面，当风电场建成后鱼类分布发生改变，其靠近场址的几率也会下降。

### 3.2.13 自然保护区

本项目此次申请的风机和 66kV 集电海缆不占用自然保护区，论证范围也不涉及自然保护区，不对自然保护区进行介绍。

### 3.2.14 珍稀海洋生物

#### (1) 海龟

海龟是高度洄游物种，能进行长距离跨洋际洄游。通过对美国和中国台湾对蠍龟的洄游路线卫星追踪情况，以及 2001-2010 年中国大陆对 11 头绿海龟和 3 头蠍龟的洄游路线卫星追踪情况进行分析，可知汕头-台湾海域是海龟活动分布的热点海域，更是海龟的洄游的重要通道。

图 3.2.14-1 中国台湾误捕蠍龟洄游路线卫星追踪图（略）

图 3.2.14-2 中国大陆海龟洄游路线卫星追踪图（2001-2010 年）（略）

根据《惠东幼年绿海龟的洄游规律及觅食地选择》（动物学杂志 2021 年 第 56 卷第 4 期 叶明彬等），2011 至 2015 年间，将 6 只来自广东惠东海龟国家级自然保护区人工培育 2~14a 的幼年海龟，分为夏季组及冬季组，在其背甲上安装追踪器，6 只幼年绿海龟的洄游路线详见图 3.2.14-3。

图 3.2.14-3 6 只幼年绿海龟的洄游路线（略）

蓝色和红色路线分别代表追踪终点时间在夏季和冬季的幼年绿海龟洄游路线；① ~ ⑥ 分别代表编号分别为 73040、70464、65415、40470、53744、52694 幼年绿海龟的终点位置；★为起点，广东惠东海龟国家级自然保护区海龟产卵场沙滩。GEBCO Bathymetry. 海洋大体水深图等深线标尺，不同颜色代表不同的海水深度。

根据图 3.2.14-1~图 3.2.14-3 可知，本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据，说明工程海域曾有海龟出没，但工程海域不是海龟的主要活动区域。

## （2）海豚

中华白海豚（*Sousa chinensis*）是一种沿岸河口定居性的小型齿鲸类，属海洋哺乳动物，是世界上 85 种鲸类之一，国际上习惯称之为印度太平洋驼背豚（Indo-Pacific humpback dolphin）。中华白海豚于 1988 年被国务院列为国家一级重点保护动物，隶属齿鲸亚目，海豚科，白海豚属，广泛分布于西太平洋和印度洋的沿岸水域，属暖水性种类，在澳大利亚北部、印度尼西亚、加里曼丹、马来西亚、马六甲海峡、泰国湾、斯里兰卡及南海沿岸国家均有分布。在中国海域，主要分布东南沿海的河口内湾，北至长江口附近，南至北部湾的越南水域边界。在广东沿海，主要分布于粤东沿海的韩江河口、中部沿海的珠江河口和粤西的雷州湾等。

图 3.2.14-4 中华白海豚和江豚目击位置（略）

印太江豚 (*Neophocaena phocaenoides*) 也是沿岸定居性的小型齿鲸类, 与中华白海豚一样, 常年栖息于沿岸水域, 是广东沿岸水域仅有的 2 种定居性鲸类之一。印太江豚属国家二级重点保护水生动物, 隶属鼠豚科, 江豚属, 广泛分布于印度洋、太平洋温带和热带的沿岸水域。根据搁浅记录, 广东沿海江豚主要分布于汕头外海和珠江口外海, 其中以珠江口外 (包括香港南部水域) 的记录较多。在珠江口海域, 江豚分布的区域较中华白海豚离岸一些, 从深圳的大鹏澳至江门的下川岛海域均有分布, 在夏季和秋季江豚趋向于近岸分布, 目击次数较多、群体也较大。在汕头海域, 于南澎列岛外海各季节均有江豚出现, 出现的高峰期在 7 月和 8 月。

与喜欢栖息在受河流冲淡水影响水域的中华白海豚相比, 印太江豚大多分布主要受外海水影响的离岸水域, 在珠江口海域它们的分布区域呈现季节性变化, 就是江豚和中华白海豚的分布区很少有重叠, 夏秋季丰水期时江豚的分布区趋向近岸, 春冬季枯水期中华白海豚的分布则趋向离岸, 两者似乎在互相回避, 即使有时有少量的分布区重叠, 但未见过这两个种类同一时间在同一水域出现, 或者有任何的相互影响。印太江豚不似中华白海豚那样容易接近, 因为它易受惊吓, 很少靠近船只, 且无明显背鳍、体色与海水颜色接近, 不容易被发现。

中华白海豚一般单独或数头一起游动, 有时有 10 余头以上的聚群, 哺乳期幼豚经常与母豚一起并游。雌性中华白海豚大约在 9-10 岁左右达到性成熟, 而雄性白海豚的性成熟年龄可能还要比雌性晚 2-3 年。喜欢在 5 至 8 月份 (即春、夏季) 交配, 母豚的怀孕期约为 11 个月左右。每胎大多只怀一头小海豚, 出生后母豚需哺乳幼豚至少一年。母豚一般间隔至少 3 年才生一胎, 所以它们的繁殖力相当低。中华白海豚的食物主要是鱼类, 至少包括了 14 科 24 种鱼类, 主要是叫姑鱼属 (*Johnius* spp.)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucida*)、棱鯷属 (*Thrissa* spp.)、鲮属 (*Mugil* spp.)、鰺属 (*Ilisha* spp.)、鲚属 (*Coilia* spp.) 等鱼类, 而头足类和甲壳类很少见到。

印太江豚的体形较小, 成年体长在 2m 左右, 雄成体的体长可达 2.27m, 雌成体可达 2.12m。根据性腺的组织学观察和牙齿的年龄鉴定, 南海的江豚雄性的最小性成熟年龄为 3 龄, 雌性为 4 龄, 最老的个体为 21 龄。雌性性成熟体长约 1.5m, 怀孕期约为 11-12 个月左右, 一般每胎产 1 头, 偶尔有双胞胎, 初生仔豚

体长 75-85cm，哺乳期超过半年，南海沿岸的江豚在 6 月至翌年 3 月间产仔，产仔高峰期在 8-12 月。印太江豚的主要食物为小鱼、乌贼类和虾类，福建省南部沿海江豚的胃含物中有蛇鲻、白姑鱼、斑鲹、鳓鱼、大头狗母鱼、小沙丁鱼、蓝圆鲹、棱鲛、短尾大眼鲷、中华海鲶、棘头梅童鱼等。

### 3.2.15 “三场一通道”分布情况

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）南海区渔业水域图（第一批），南海区渔业水域及项目所在海域“三场一通”情况如下。

#### （1）南海鱼类产卵场

南海鱼类产卵场分布见图 3.2.15-1 和图 3.2.15-2。

本项目不位于南海中上层鱼类产卵场内，项目位于南海底层、近底层鱼类产卵场内。

#### （2）南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线水域(图 3.2.15-3)，保护期为 1-12 月。管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。

本项目不位于南海北部幼鱼繁育场保护区内。

#### （3）幼鱼幼虾保护区

根据《南海区水产资源保护示意图》（1985 年 8 月）确定、2002 年农业部发布 189 号文公布的幼鱼幼虾保护区范围，幼鱼幼虾保护区位于广东省沿岸由粤东的南澳岛至粤西的雷州半岛徐闻县外罗港沿海 20 米水深以内的海域（图 3.2.15-4），保护期为每年的 3 月 1 日至 5 月 31 日，主要功能为渔业水域，保护内容为水质和生态。保护区性质为幼鱼幼虾保护区非水生生物自然保护区和水产种质资源保护区。在禁渔期间，禁止底拖网渔船、拖虾渔船进入上述海域内生产。

本项目不位于幼鱼幼虾保护区内。

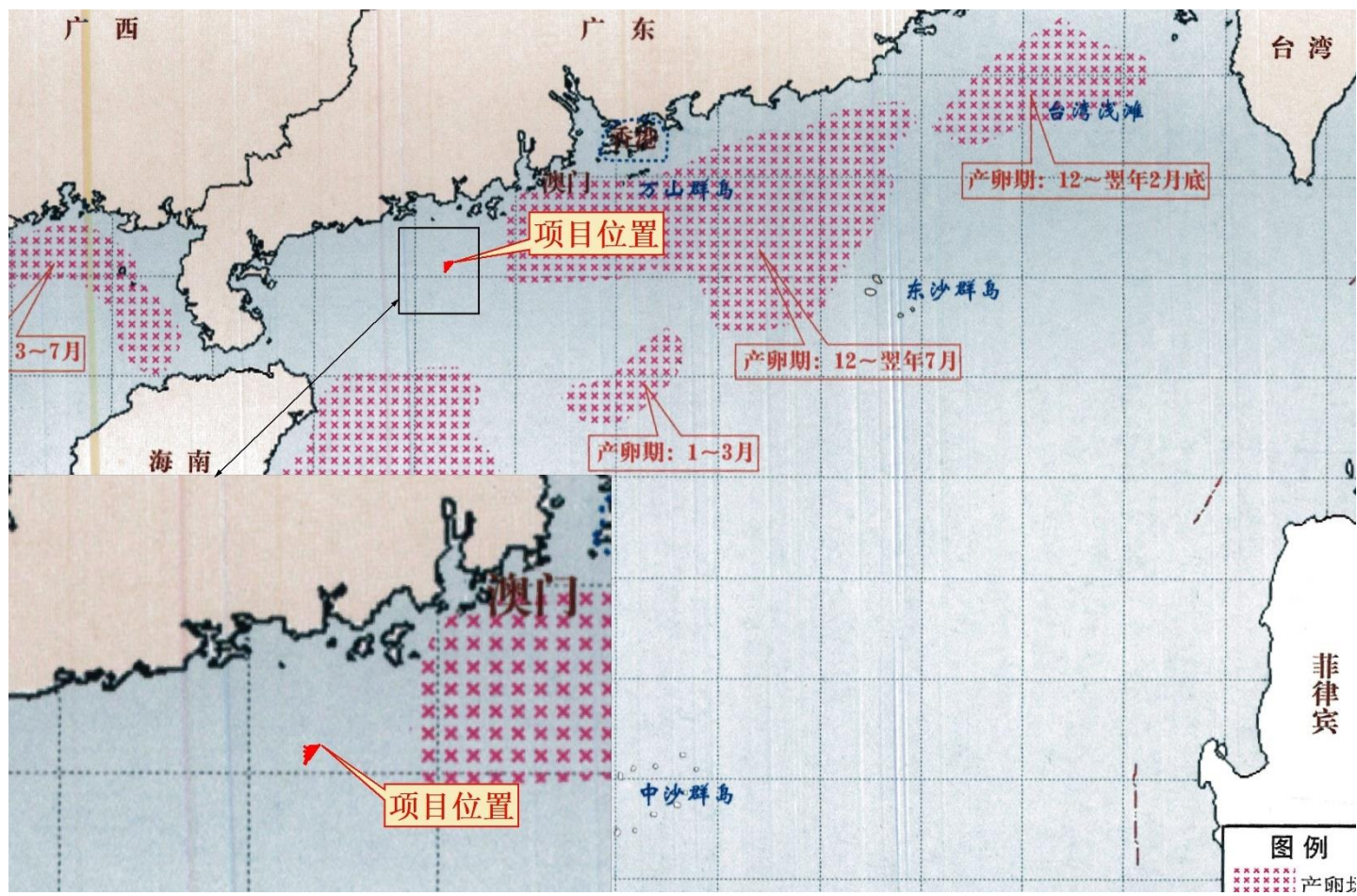


图 3.2.15-1 南海中上层鱼类产卵场示意图

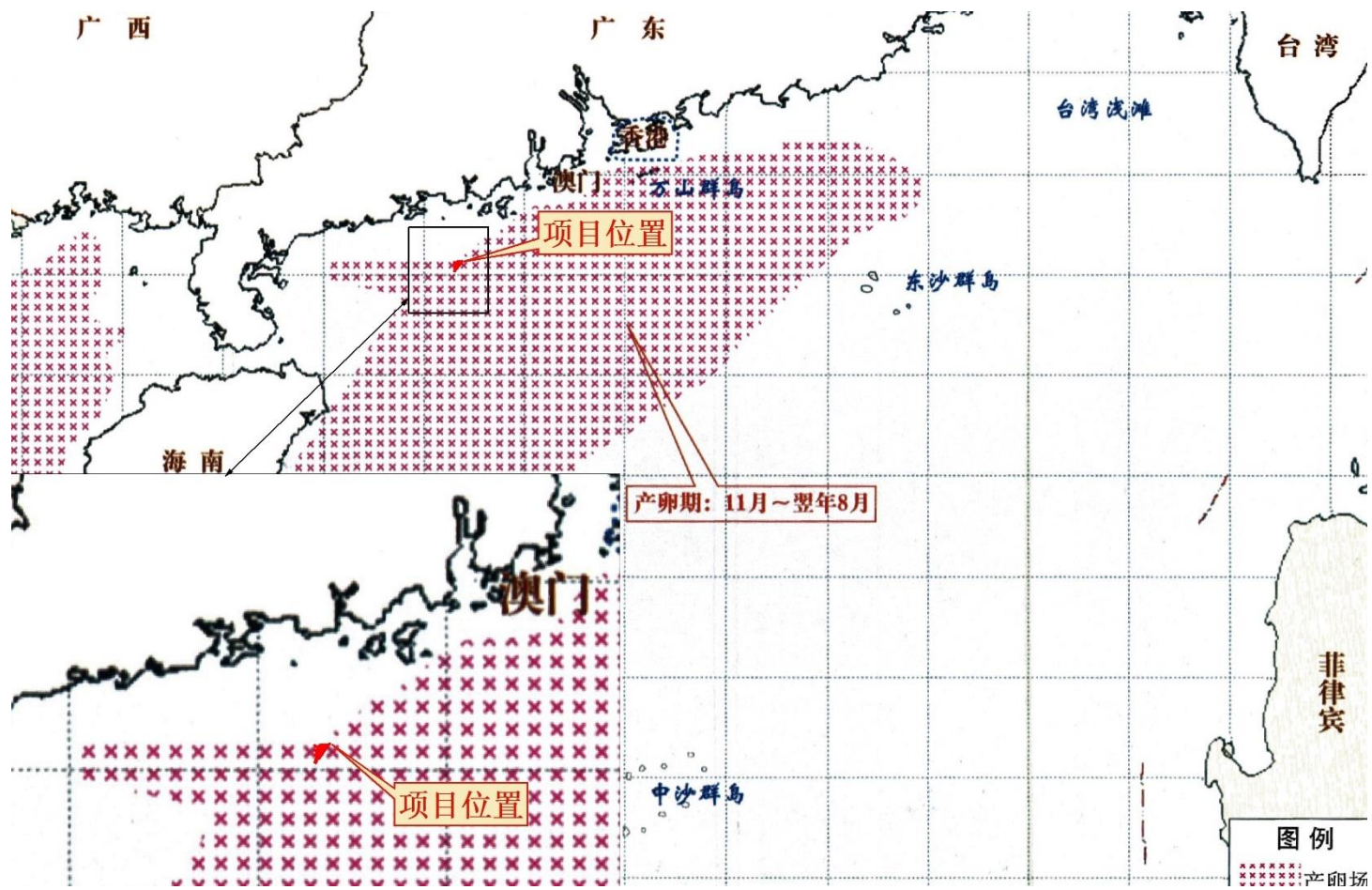


图 3.2.15-2 南海底层、近底层鱼类产卵场示意图

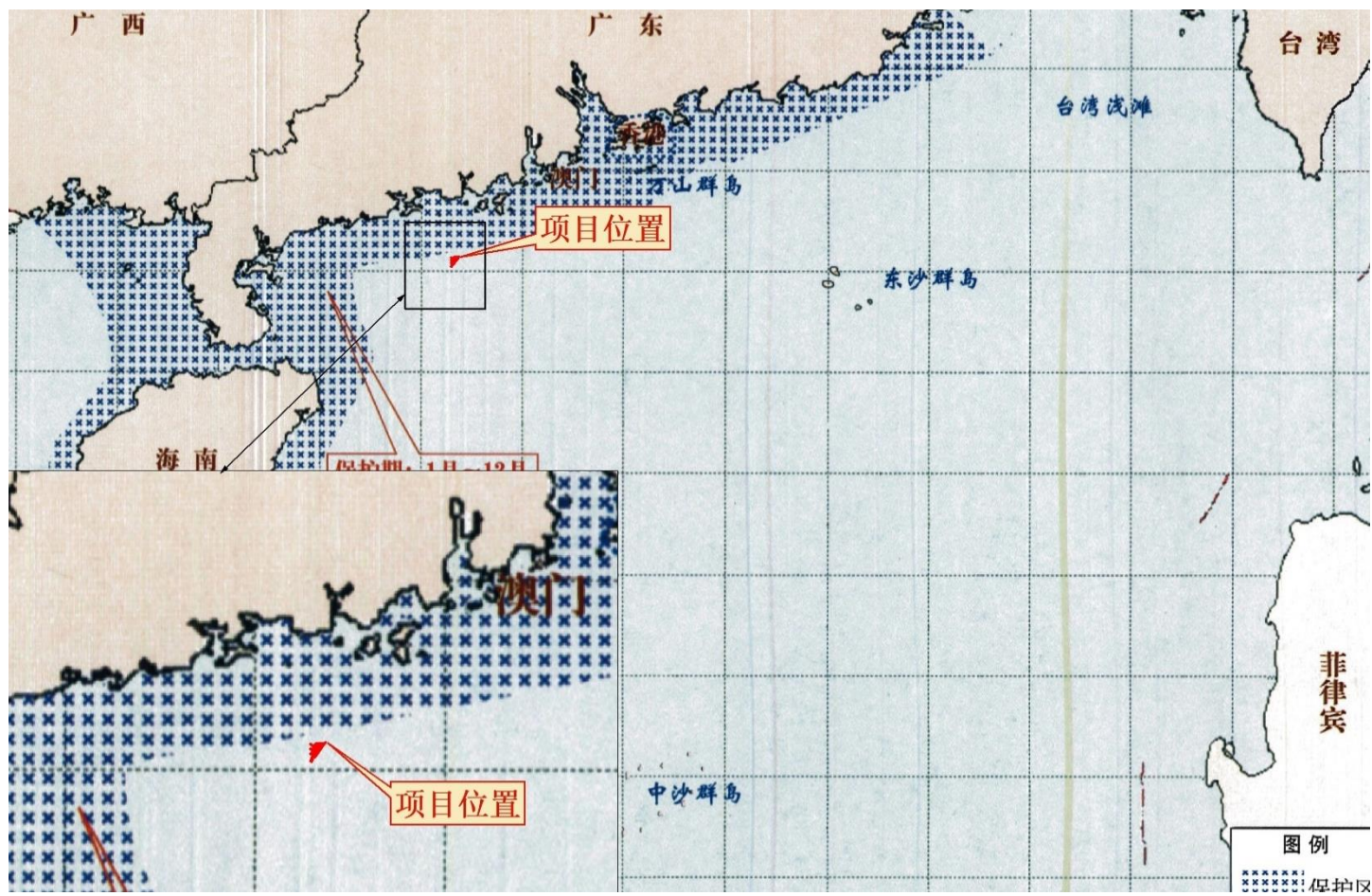


图 3.2.15-3 南海北部幼鱼繁育场保护区范围示意图

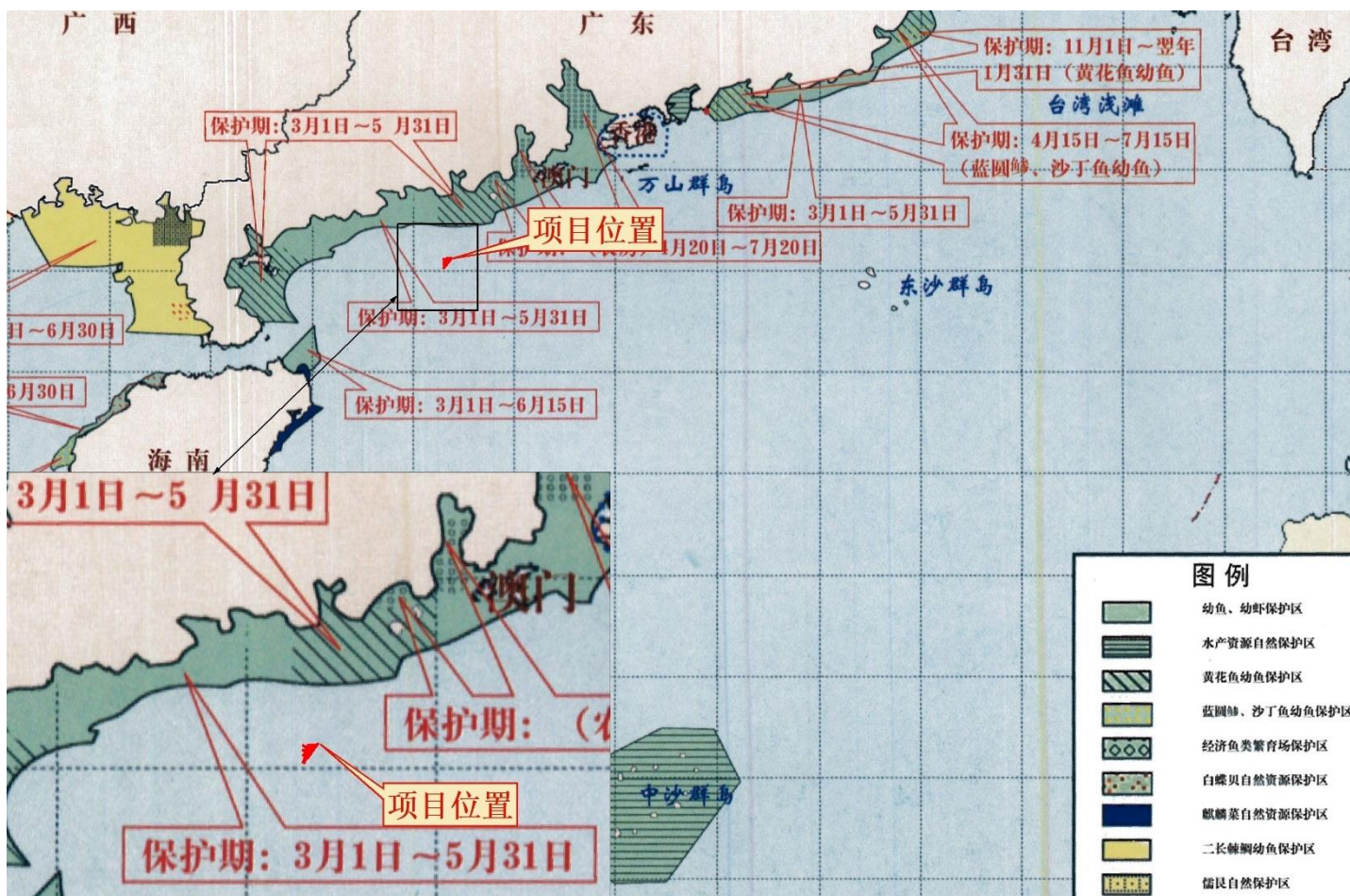


图 3.2.15-4 幼鱼幼虾保护区范围示意图



## 4 资源生态影响分析

### 4.1 生态评估

#### 4.1.1 资源生态敏感目标

根据本项目用海基本情况和所在海域资源生态基本特征分析,本项目用海周边主要有生态保护红线、重要渔业水域等资源生态敏感目标,具体分布见表 4.1.1-1,生态保护红线见图 4.1.1-1,南海中上层鱼类产卵场位置见图 3.2.15-2。

表 4.1.1-1 项目周边生态敏感目标分布

类型	名称	与项目相对位置	敏感要素
生态保护红线	东平镇南珍稀濒危物种分布II区	北侧 12.7km	中华白海豚、海龟等珍稀濒危物种
	大帆石特别保护海岛	北侧 29.4km	海岛及其周围海域地形地貌; 海岛生态系统; 渔业资源
重要渔业水域	南海底层、近底层鱼类产卵场	项目所在	渔业资源、海洋水质、生态环境

##### 4.1.1.1 生态保护红线

根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知(试行)》(自然资发〔2022〕142号),生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界,生态保护红线内自然保护地核心保护区外,禁止开发性、生产性建设活动,在符合法律法规的前提下,仅允许对生态功能不造成破坏的十大类有限人为活动。

本项目不涉及生态保护红线,与生态保护红线中的“东平镇南珍稀濒危物种分布II区”、“大帆石特别保护海岛”的距离分别为 12.7km、29.4km。

##### 4.1.1.2 重要渔业水域

南海底层、近底层鱼类产卵场中的长尾大眼鲷产卵场包括:(1)南海北部产卵场:共有二处,一处位于海陵岛南部,约为东经 110°50'-112°45',北纬 20°25'-21°30';一处位于万山列岛的东南部,约为东经 113°20'-115°45',北纬 20°35'-22°20'。两产卵场水深为 26-80 米。(2)北部湾产卵场,共有三个:①位于东经 107°30'-108°50',北纬 20°15'-21°20';②东经 107°35'-139°05',北纬 19°35'-20°25';③东

经 107°35'-108°25'，北纬 18°25'-19°25'。长尾大眼 6 产卵期 5-7 月。

本项目位于海陵岛南部的长尾大眼鲷产卵场。

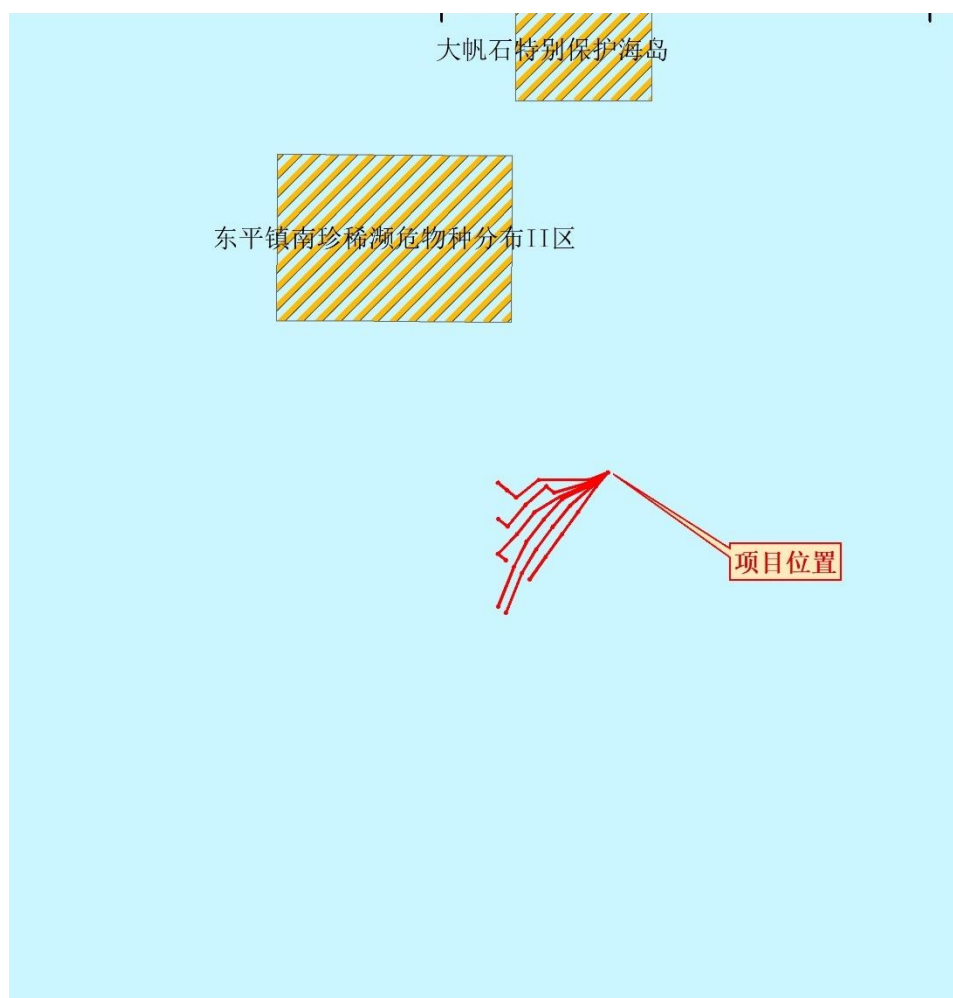


图 4.1.1-1 项目周边资源生态敏感目标分布图（生态保护红线）

#### 4.1.2 重点和关键预测因子

本项目为海上风电项目，根据项目用海特征以及周边敏感目标分布情况，项目建设对水动力、地形地貌与冲淤以及水质环境方面均有一定影响，确定本项目的重点和关键预测因子如下：

- (1) 水动力环境：流速、流向、水动力影响范围；
- (2) 地形地貌与冲淤环境：冲淤变化；
- (3) 水质环境：悬沙扩散。

#### 4.1.3 用海方案工况设计

本项目规划装机容量为 400MW，拟布置 29 台 14MW 的固定式风电机组。

方案一设置 6 回 66kV 海底电缆接入海上升压站，采用点对点直连的布置方案，集电海缆总长度为 68.99km；方案二设置 6 回 66kV 海底电缆接入海上升压站，采用集约共通道的布置方案，集电海缆总长度为 68.39km。方案一与方案二总平面布置示意图见下图。

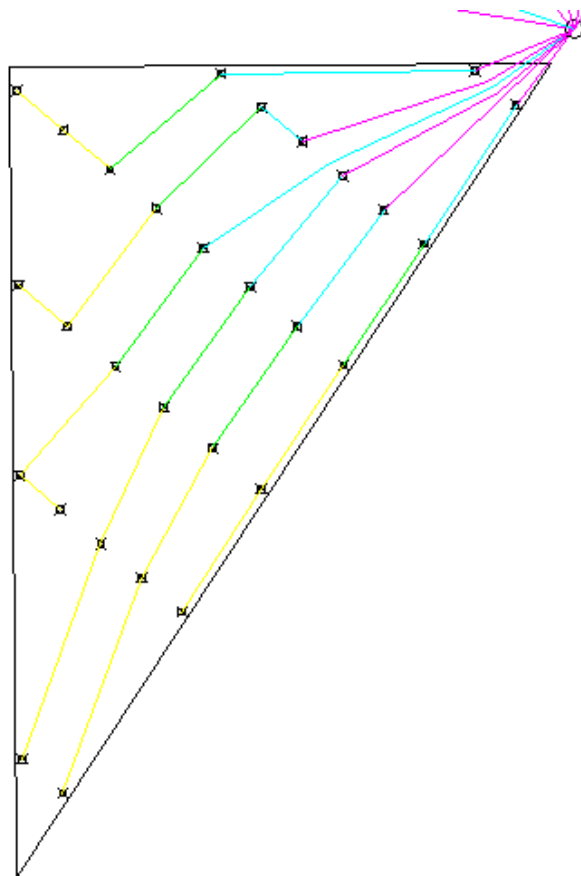


图 4.1.3-1 方案一总平面布置示意图

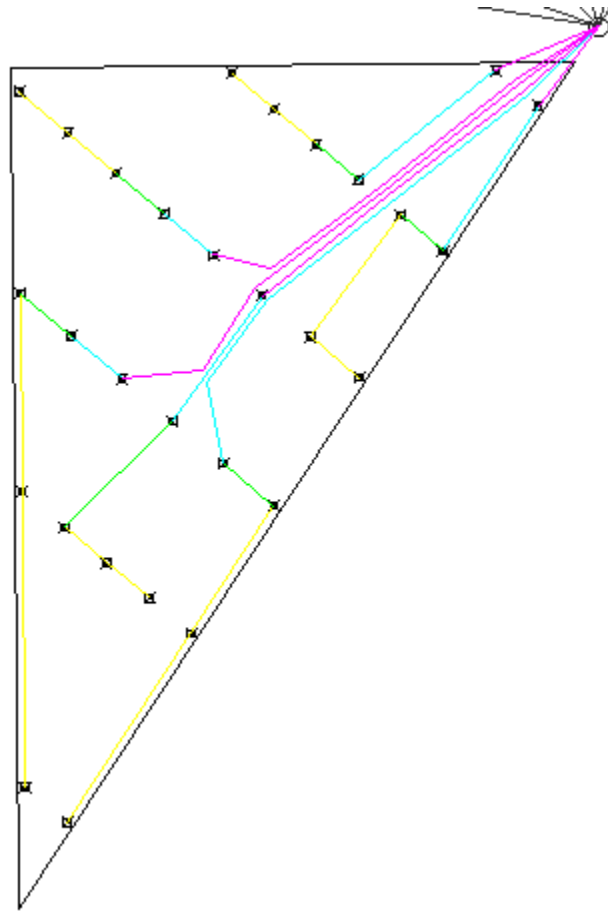


图 4.1.3-2 方案二总平面布置示意图

## 4.1.4 水动力影响预测分析

### 4.1.4.1 潮流数值模拟

川岛风电场海域水深介于 45m~49m，依据实测海流分析，该海域海流垂向流速流向变化明显，参照《海洋工程环境影响评价技术导则》要求，采用三维潮流动力方程模拟该区的海流状况，由于海底电缆施工冲射式挖沟机悬沙源强主要在海底，中下层海流为悬沙运动的主要海洋动力。

### 4.1.4.2 数值网格形式

模拟潮流的小区域为  $20.6^{\circ}\sim 22.05^{\circ}\text{N}$ ， $111.5^{\circ}\sim 112.95^{\circ}\text{E}$ ，采用矩形变网格，粗网格步长为  $0.15'$ ，加密区域为  $21.00^{\circ}\sim 21.75^{\circ}\text{N}$ ， $112.25^{\circ}\sim 112.45^{\circ}\text{E}$ ，加密区网格  $0.025'$ （约  $43.1\text{m}\times 46.3\text{m}$ ），垂向为 sigma 坐标下分 6 层，层次为  $0\sim 0.2\text{H}$ （表层）、 $0.2\text{H}\sim 0.4\text{H}$ （次表层）、 $0.4\text{H}\sim 0.6\text{H}$ （中层）、 $0.6\text{H}\sim 0.8\text{H}$ （次底层）、 $0.8\text{H}\sim 0.99\text{H}$ （底层）、 $0.99\text{H}\sim 1.0\text{H}$ （悬沙与海床交换边界层）。

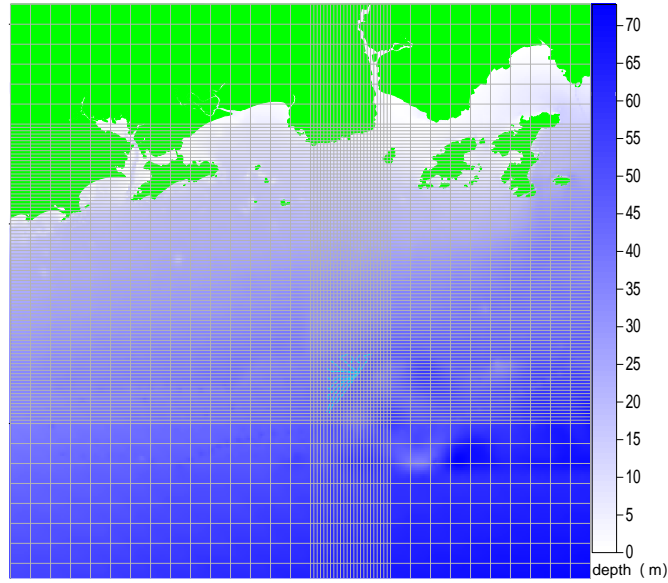


图 4.1.4-1 小区模拟区域（每 10 个网格绘制一个网格）

#### 4.1.4.3 三维水动力模式

模拟小区不考虑海水与大气、海床的热盐交换条件下，sigma 坐标下三维斜压 ECOMSED 潮流模型控制方程组：

(1) 动量方程

$$\sigma = \frac{z-\eta}{H+\eta} \quad D = H + \eta \quad z = \eta, \sigma = 0; \quad z = -H, \sigma = -1$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial u D}{\partial x} + \frac{\partial v D}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial \sigma} = 0$$

$$\frac{\partial u D}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uv D}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - fv D + g D \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[ \frac{A_M}{D} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_x$$

$$\frac{\partial v D}{\partial t} + \frac{\partial uv D}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial \sigma} + fu D + g D \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[ \frac{A_M}{D} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right]$$

$$- \frac{g D^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{g D}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + F_y$$

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[ 2DA_H \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ DA_H \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[ 2DA_H \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ DA_H \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]$$

其中：

H—平均海平面下水深（m）；

$\eta$ —平均海平面起算水位（m）；

$u$ —x 方向（东方向）流速（m/s）；

$v$ — $y$  方向（北方向）流速（m/s）；

$w$ — $\sigma$  坐标系流速（m/s），方向为等 $\sigma$  线的法线方向，它与三维直角坐标系下垂向流速  $W$  的关系为：

$$w = W - u \left( \sigma \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - v \left( \sigma \frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) - \left( \sigma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \right)$$

$f$ —科氏参数， $f = 2\omega \sin N$ ， $\omega$  地球转速， $N$  北纬；

$A_H$ —水平湍流粘滞系数采用 Smagorinsky 公式计算；

$A_M$ —垂直湍流粘滞系数，由求解双方程湍动能封闭模型求得。

$\rho_0$  为参考密度，取  $1025 \text{ kg/m}^3$ ； $\rho$  为海水密度，由海水状态方程计算。

(2) 温盐输运扩散方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + u \frac{\partial CD}{\partial x} + v \frac{\partial CD}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_M \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_M D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{K_v}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right)$$

其中， $C$  分别代表温度或盐度。 $K_M$  为水平扩散系数，取  $0.05 A_H$ ， $K_v$  为垂直扩散系数，由双方程湍动能封闭模型求得。

(3) 初始条件

初始速度场，水位场（开边界除外）均为 0。初始温盐资料采用当季（WOA, 2013）温盐资料。

(4) 边界条件

①在自由表面上（ $\sigma = 0$ ）：

$$w(0) = 0$$

$\rho_0 K_M \left( \frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{ax}, \tau_{ay})$ ， $\tau_{ax}, \tau_{ay}$  为海表风应力在  $x$ 、 $y$  方向上的分量，表达式

为：

$$\bar{\tau}_a = \rho_a C_D |\bar{W}_a| \bar{W}_a$$

其中， $W_a$  为风速（m/s）， $\rho_a$  为空气密度， $C_D$  为风曳力系数，采用 ECOM 公式：

$$C_D = \begin{cases} 1.2 \times 10^{-3} & |\bar{W}_a| \leq 11 \text{ (m/s)} \\ (0.49 + 0.065 |\bar{W}_a|) \times 10^{-3} & 11 < |\bar{W}_a| \leq 25 \text{ (m/s)} \\ 2.1 \times 10^{-3} & |\bar{W}_a| > 25 \text{ (m/s)} \end{cases}$$

不考虑大气与水热交换：

$$w C + K_v \frac{\partial C}{\partial \sigma} = 0$$

②在海底 ( $\sigma = -1$ ):

$$w(-1) = 0$$

$\rho_w A_M \left( \frac{\partial u}{\partial \sigma}, \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by})$ ， $\tau_{bx}, \tau_{by}$  为海底切应力 x、y 方向上的分量，表达式为：

$$\bar{\tau}_b = \rho_w C_z |\bar{V}_b| \bar{V}_b$$

其中， $C_z = \max \left[ \frac{k^2}{\ln^2(z_b/z_0)}, 0.0025 \right]$ ， $k$  是 *Karman* 常数（一般取值 0.4）， $z_b$  是离

海底最近的网格结点与海底的距离， $z_0$  为海底粗度，取 0.008m。

不考虑海底热盐交换：

$$-K_v \frac{\partial C}{\partial \sigma} - w_b C_b = 0$$

③侧边界条件：

在固边界上，流的法向分量恒为零， $\bar{V}(x, y, \sigma, t) = 0$ ，无热、盐交换。

在开边界上，采用模型嵌套方式，以获取评价小区在潮流、季风、温盐影响下的边界条件。大区 ECOMSED 模式为变网格，区域为 12.25°N~25.5°N，105.5°E~122.75°E，见图 4.1.4-2，粤西加密区网格步长为 0.6'，垂向分层同小区，计算结果为小区域海流模拟提供季风温盐影响下的潮位边界条件，大区模式外海开边界采用 8 个日分潮和半日分潮调和常数计算潮位边界。

$$\eta = \eta_0 + \sum_{i=1}^8 A_i f_i \cos(\omega_i t + (V_0 + u_0) - \phi_i)$$

式中， $\eta_0$  为平均潮位， $A$  为分潮振幅， $\omega$  为分潮角速率， $f$  为交点因子， $t$  是区时， $(V_0 + u_0)$  是平衡潮展开分潮的区时初相角， $\phi$  为区时迟角。温、盐边界条件采用 (WOA, 2013) 温盐资料，分别插值到对应网格与层次。

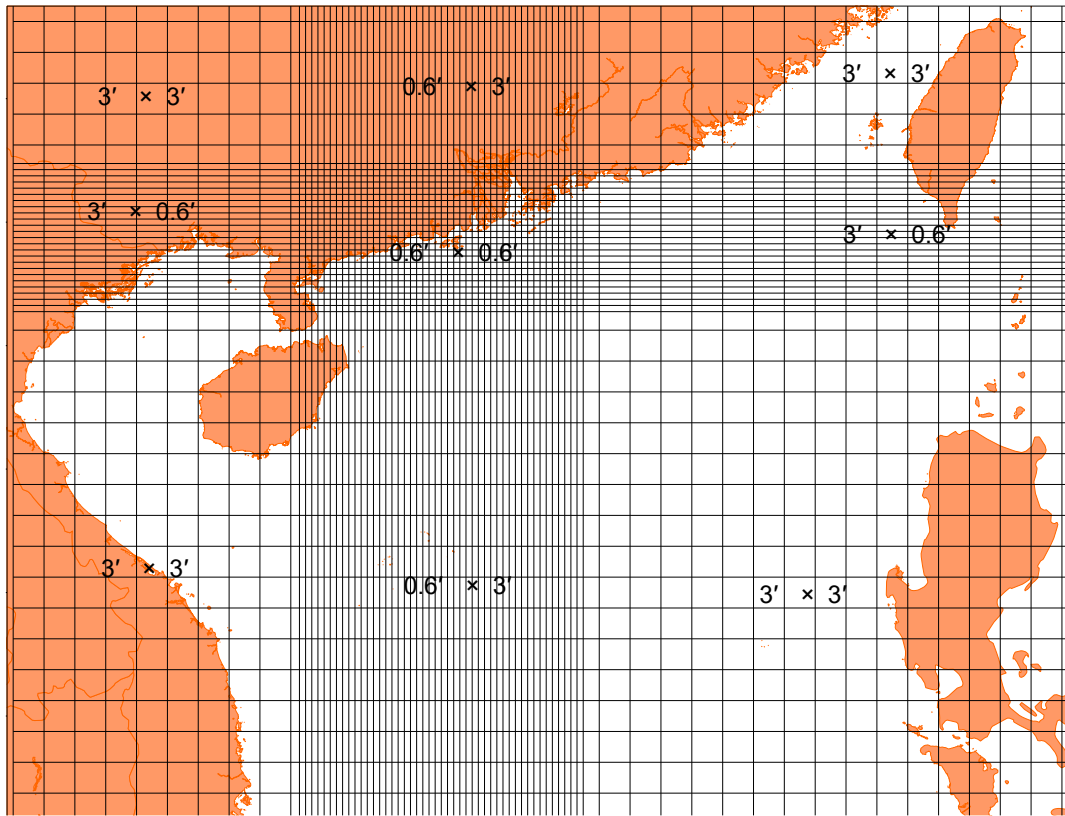


图 4.1.4-2 大区模拟区域（每 10 个网格绘制一个网格）

水深地形资料：水深资料为近岸海图水深与 ETOP1 全球地形数据库水深资料融合，其中小区水深，近岸海区则由中国人民解放军海军司令部航海保证部最新版海图资料读取（15570 黄程山至大放鸡，1：120000，2012 年，15700 海陵水道至抱尾角，1：250000，2013 年）。

由于风电场海域潮流受广东沿岸季风环流影响明显，选取 2019 年 1 月 1 日至 15 日作冬季风代表时期，风况 N~NE，风速 4.6~12.2m/s；其中风况资料取自 ERA-Interim 再分析风场。为反映施工期间海流对悬浮泥沙的影响，以及悬浮泥沙的累积效应，模拟时间长度为 15 天。

ECOMSED 水动力模块包含两个模态，即内模态和外模态，在进行计算时，外模态忽略垂向结构，考虑水平对流和扩散，计算二维变量，模式积分采用 5s。内模态三维水动力模型考虑垂向分层使用 Sigma 坐标，计算三维变量，如三维速度、温度、盐度等，模式积分采用 20s。

#### 4.1.4.4 模拟结果验证

潮位验证取 2019 年 1 月、2018 年 9 月闸坡站、东平临时潮位站资料（站位见图 4.1.4-3），时段为 15 天，冬季实测与模拟潮位过程曲线如图 4.1.4-4。潮流验



证取 2019 年 1 月 5 日大潮三层实测资料，位置见图 4.1.4-5。

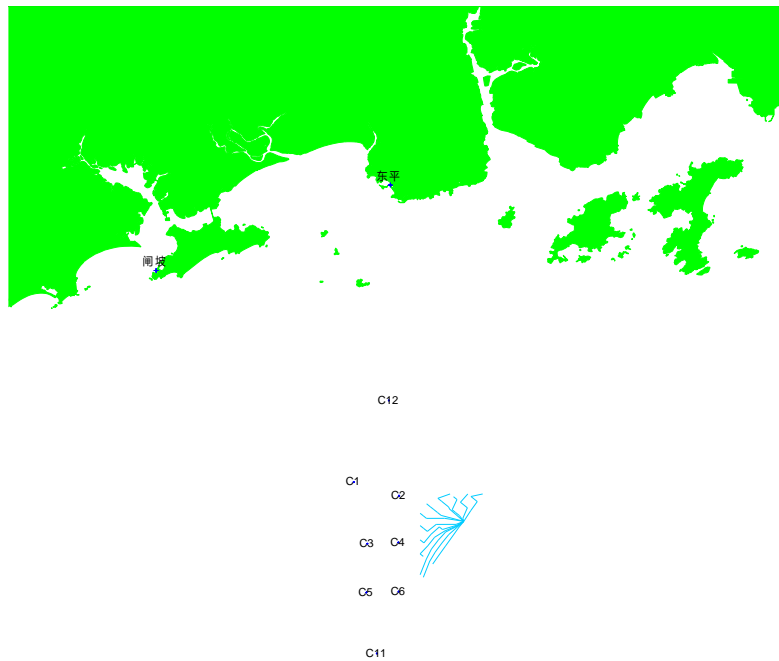


图 4.1.4-3 潮汐与海流验证点位置图

由潮位验证图可见，大潮期潮位模拟误差相对较小，误差主要出现在小潮期，以及低高潮与高低潮之间。潮位模拟绝对平均误差，1 月闸坡、东平站为 0.11m~0.12m。

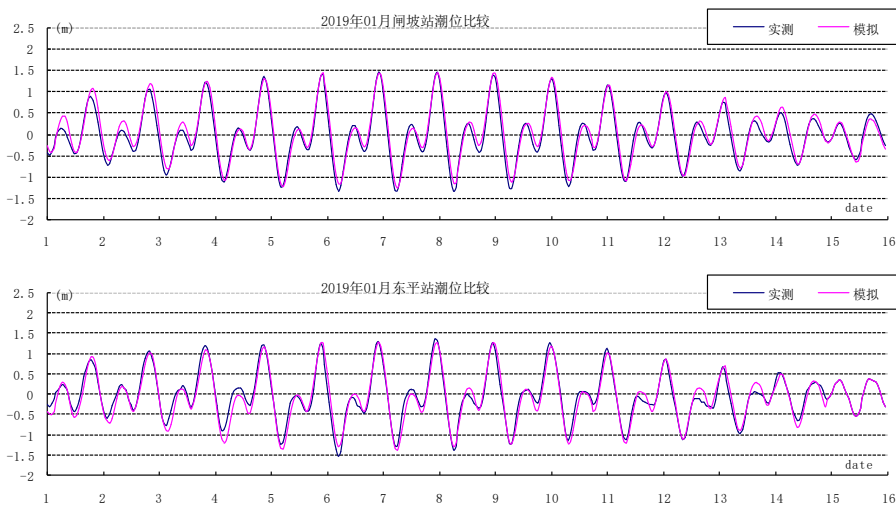
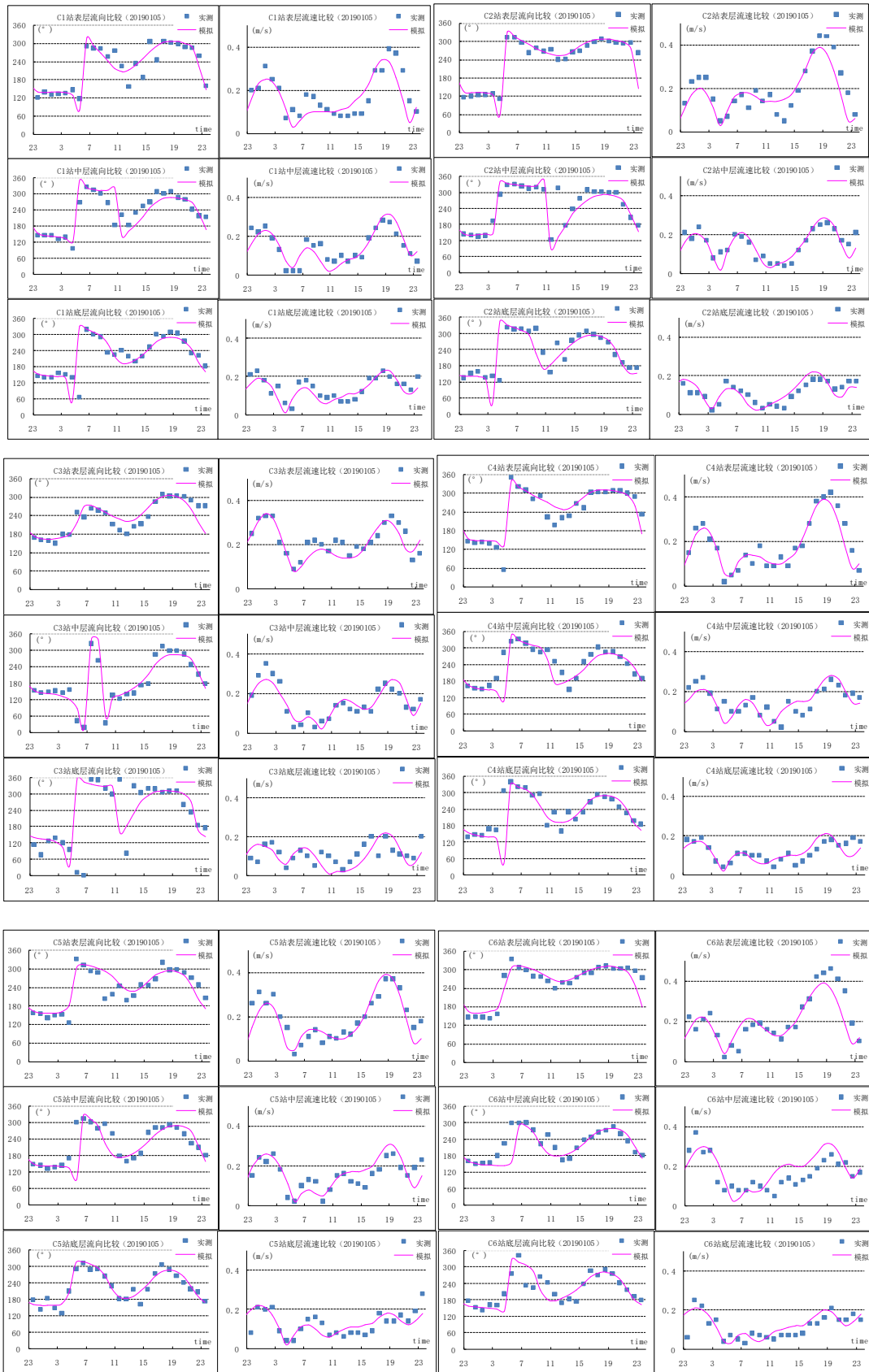


图 4.1.4-4 2019 年 1 月闸坡、东平实测与模拟潮位过程曲线

为检验冬季风环流影响下潮流模拟效果，小区域流速流向模拟校验取 8 个潮流站的表、中、底层实测潮流资料进行对比验证，时间为 2019 年 1 月 5 日（大潮），见图 4.1.4-5 所示。从流速量级与流向变化趋势而言，绝大多数海流模拟结果均与实测相符，因此模拟流场总体可反映本海域 NE 季风实测海流的特征。



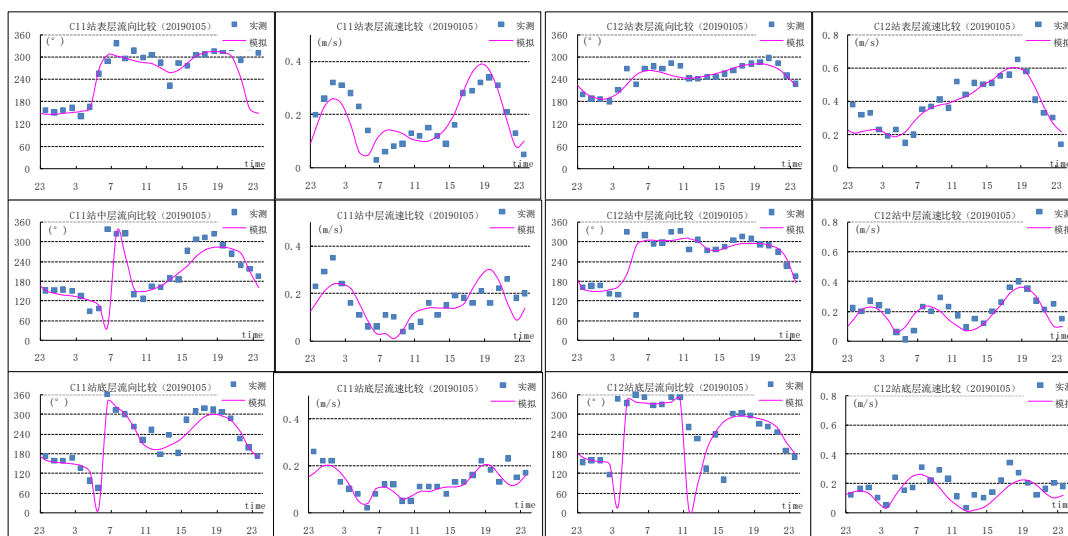


图 4.1.4-5 2019 年 1 月 5 日大潮 8 站流速流向模拟与实测比较

#### 4.1.4.5 模拟流场分析

图 4.1.4-6~图 4.1.4-7 是 NE 季风环流影响下粤西大潮表层涨急、落急流场，由图可见，受 SW 流向的季风环流影响，表层涨急潮流为偏 WNW 方向，落急潮流为偏 SSE 方向，涨急流速大于落急流速。

图 4.1.4-8~图 4.1.4-13 是 NE 季风环流影响下风电场海域表、中、底大潮期涨急、落急流场，风电场海域的表层潮流运动受季风环流影响明显，涨急时刻表层流向指向偏 WNW 方向，中、底层涨急流向同为偏 WNW~NW 方向；落急时刻表层流向指向偏 SSE 方向，中、底层落急流向转为 SE 方向；涨急流速略大于落急流速，流速随水深而减少。

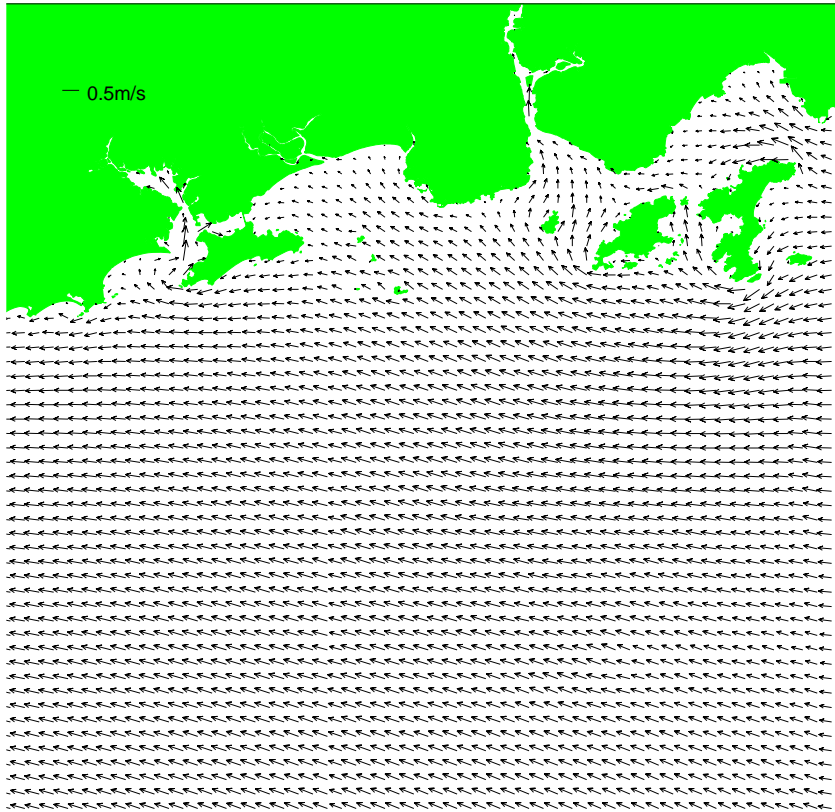


图 4.1.4-6 NE 季风环流影响下粤西大潮表层涨急流场

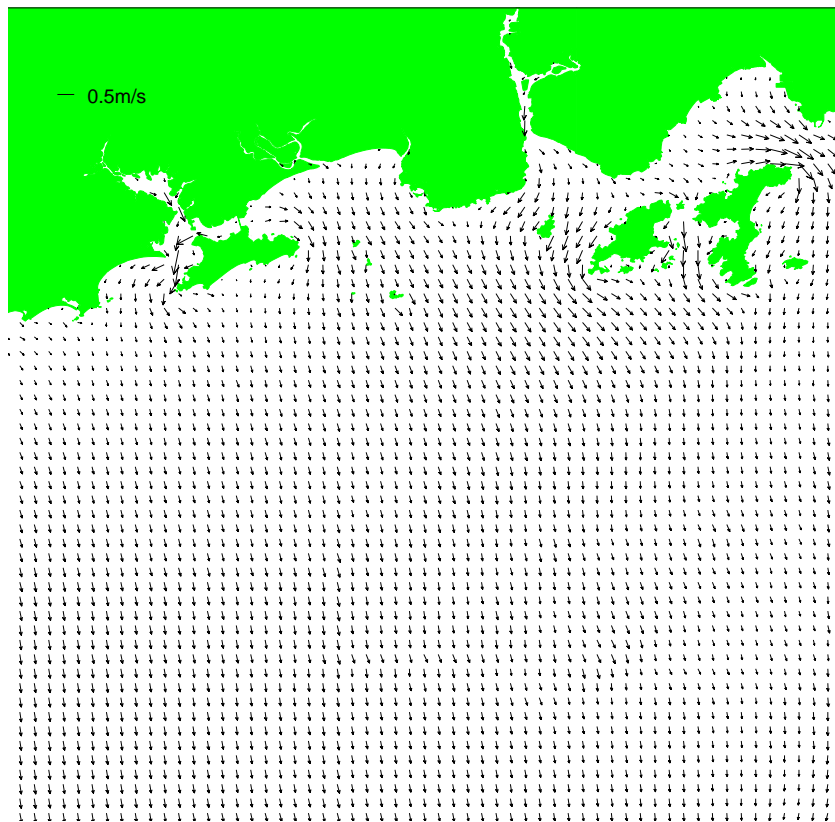


图 4.1.4-7 NE 季风环流影响下粤西大潮表层落急流场

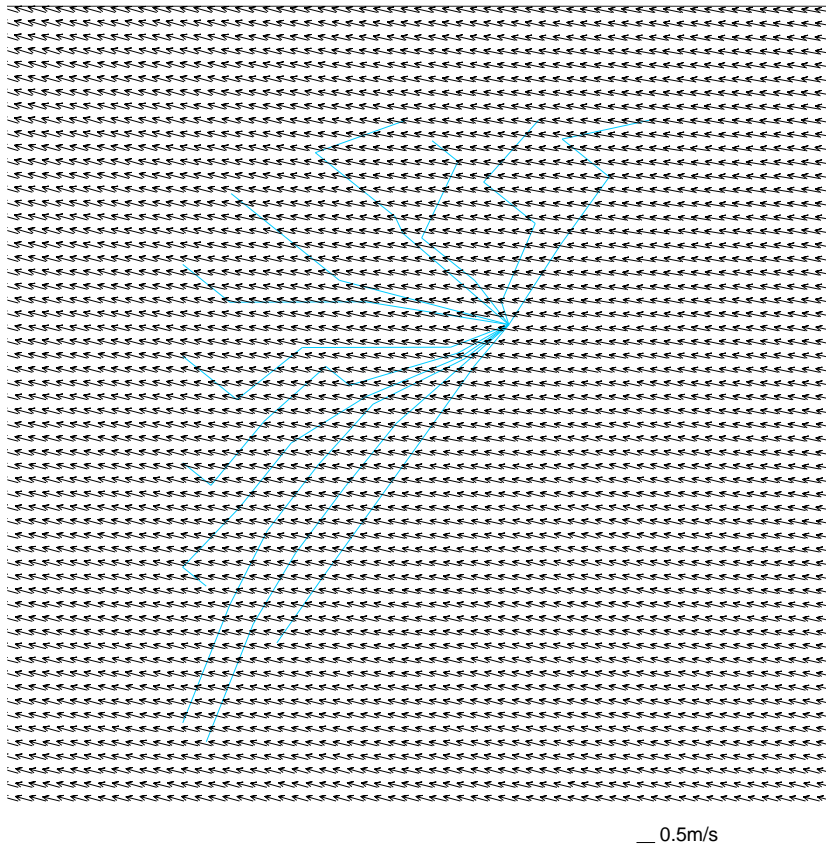


图 4.1.4-8 NE 季风大潮表层涨急流场

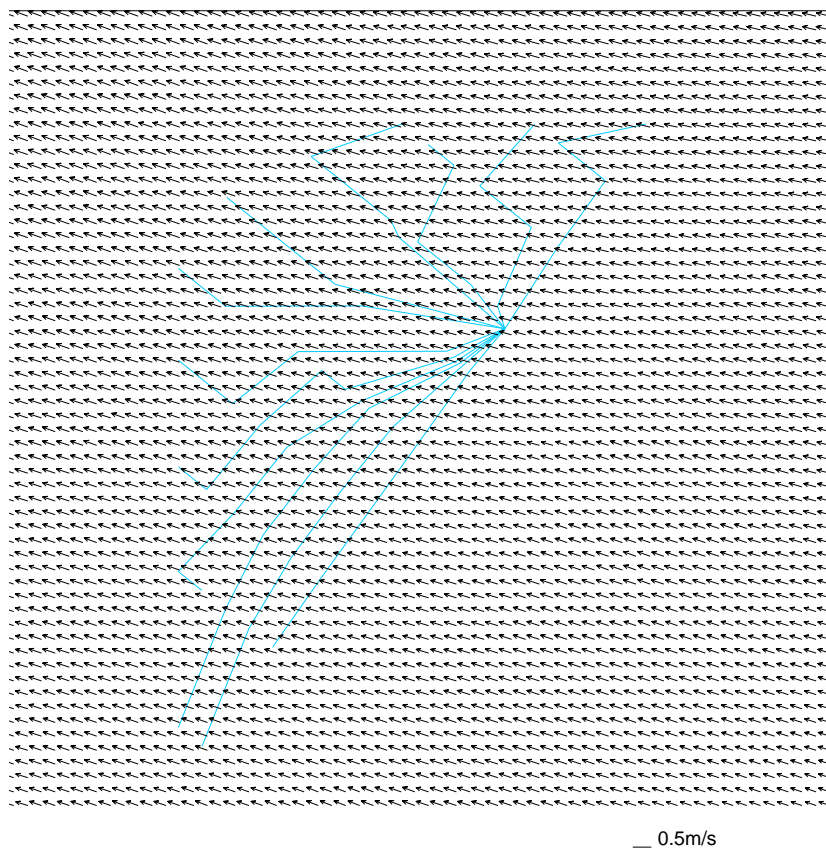


图 4.1.4-9 NE 季风大潮中层涨急流场

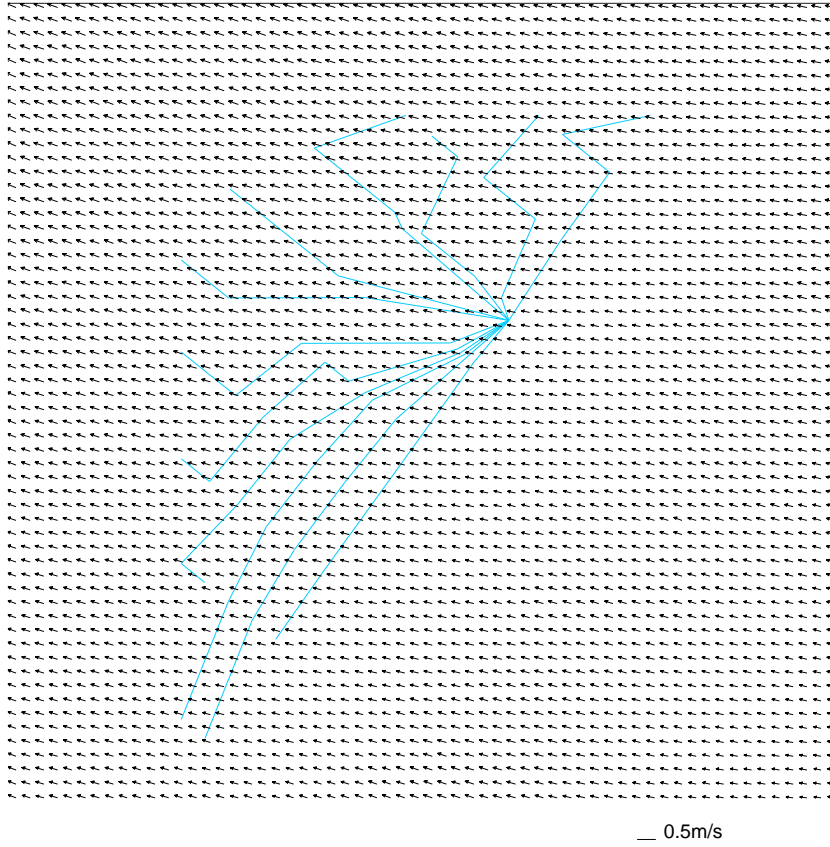


图 4.1.4-10 NE 季风大潮底层涨急流场

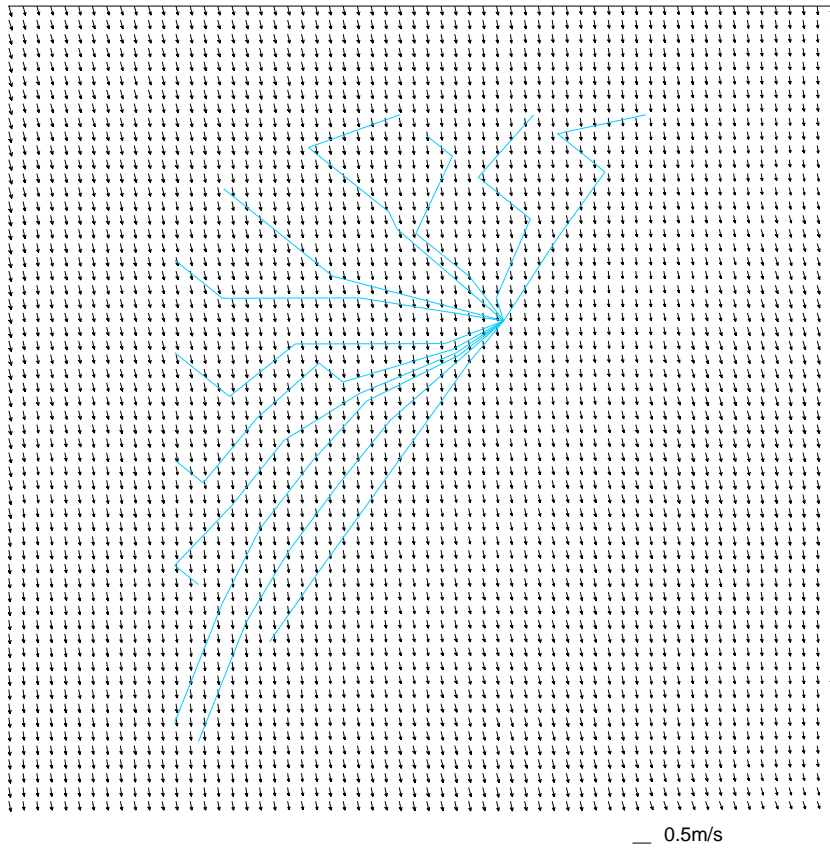


图 4.1.4-11 NE 季风大潮表层落急流场

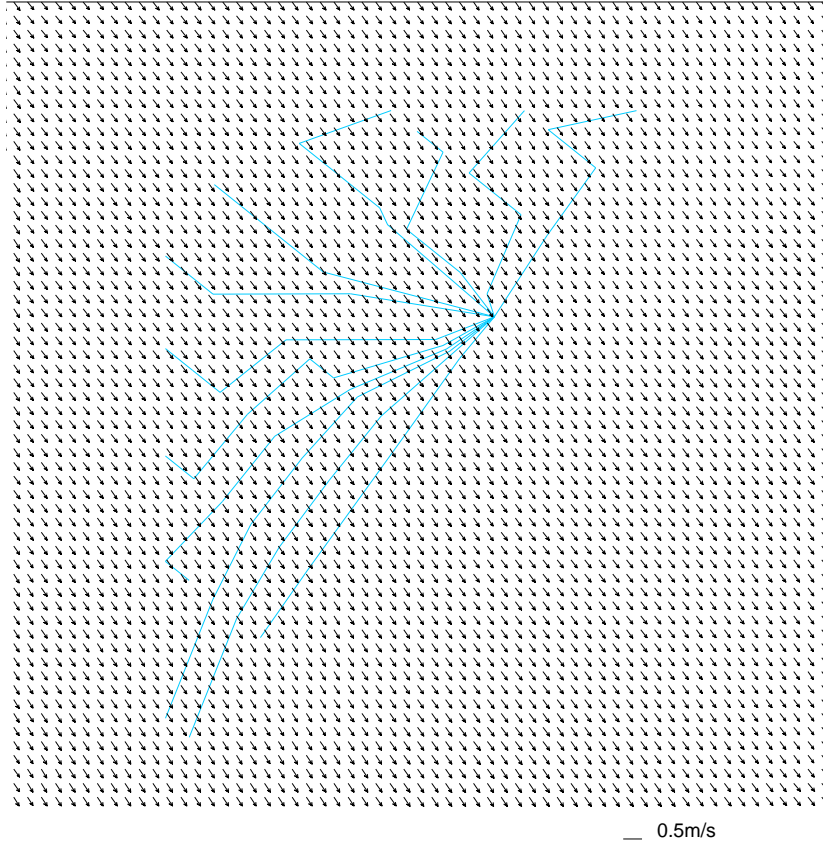


图 4.1.4-12 NE 季风大潮中层落急流场

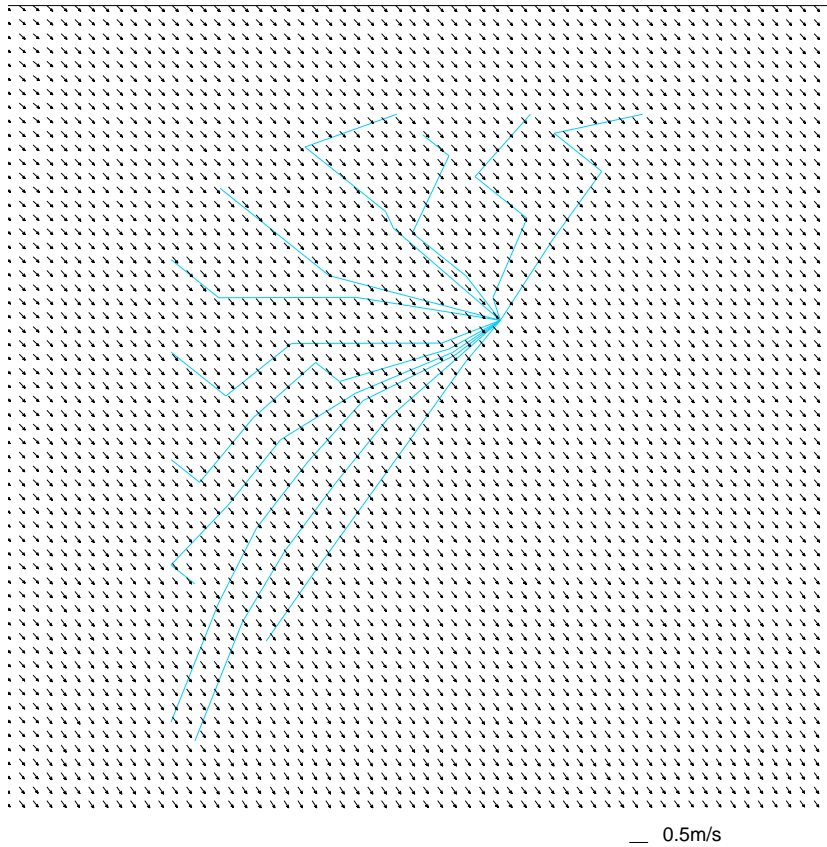


图 4.1.4-13 NE 季风大潮底层落急流场

#### 4.1.4.6 风电场潮流动力影响分析

本项目涉海工程主要有风机基座与海底电缆工程，海底电缆埋设于海床，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机基座。

项目拟布置共 29 台风电机组，全部为四桩导管架基础，桩径 3.5m；116 根桩散落在风电场范围内，其对潮流的影响表现为群桩对水流的影响。

根据经典流体力学圆柱体绕流研究成果，圆柱形导管对水流的作用表现为流体绕圆柱体绕流，圆柱体迎水面产生雍水，背水面产生涡旋，圆柱下游涡旋流态随雷诺数的变化而呈现不同的流态，见图 4.1.4-14。

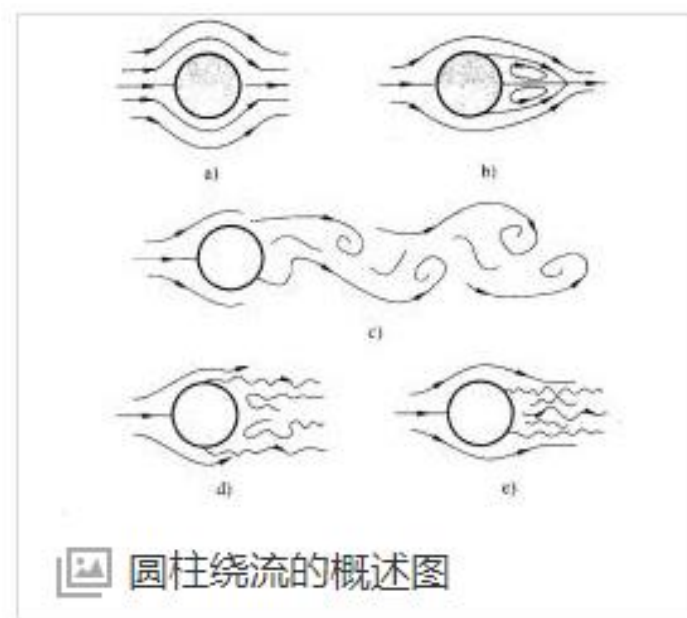


图 4.1.4-14 圆柱下游流态随雷诺数的变化

流体仿真软件 fluent 数值研究显示（网格尺寸不大于圆柱体直径 1/8），串列双圆柱流速变化如图 4.1.4-15，迎水面与背水面流速减小，背水面流速减小影响距离约 3 倍圆柱体直径；圆柱体两侧流速增加，影响距离约 1.5 倍圆柱体直径。

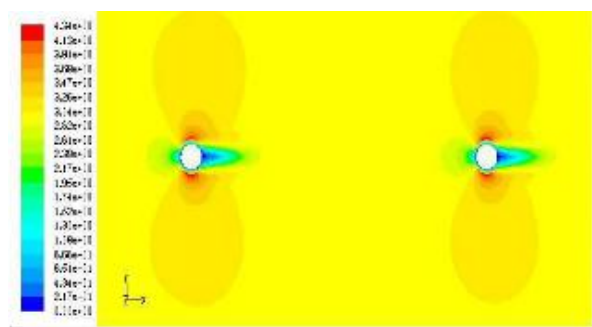




图 4.1.4-15 串联双圆柱流速变化变化（桩径 D/两桩距离 L=12 情形）

由于风机基础四桩导管架桩径为 3.5m，要合理计算风电场桩径 3.5m 桩基对潮流流态的影响，网格尺寸需桩径 1/8 左右。风电场研究区域尺度为 10000m 以上，相对于风电场区域范围，潮流模式网格难以计算，尤其是解析水流受桩基影响后产生涡流更需要更小的网格。

导管桩减少了过水断面面积，增大水流的摩擦力，但导管桩尺寸小于计算网格的尺度，网格无法反映出导管桩的存在，模拟计算参考文献《潮汐河段桥墩对水流影响的数值计算》（曹民雄，2006 年，人民长江）对桥墩进行概化处理方式，即导管桩附加摩擦概化方式，近似描述群桩对潮流的影响。

$\tau_{rx}, \tau_{ry}$  为作用于风机位置对应网格切应力 x、y 方向上的分量，表达式为：

$$\bar{\tau}_r = \rho_w C_r |\bar{v}| \bar{v}, C_r = 0.75 \frac{B1}{B0}$$

式中：B1 为导管桩径迎水面宽度，B0 为网格过水断面宽度，0.75 为圆形桩柱摩阻系数；把  $\tau_{rx}, \tau_{ry}$  加入到模式方程之中进行计算。

以冬季中层流场代表工程前后流场的变化，工程前、后代表点涨急、落急流速和流向对比结果见图 4.1.4-16~图 4.1.4-19，由于流向与风机排列方向基本一致，涨急时刻表现为桩基后西北方向（下游）流速减少，落急时刻表现为桩基后东南方向（下游）流速减少，模拟结果显示，风电场外 5.0km 外流场可基本可保持原来状态。



图 4.1.4-16 风电场中层湍急流速对比图（黑：工程前，红：工程后）

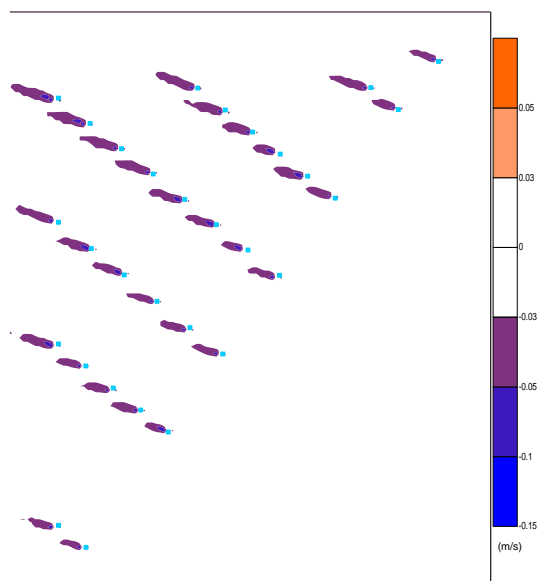


图 4.1.4-17 风电场中层湍急流速变化图

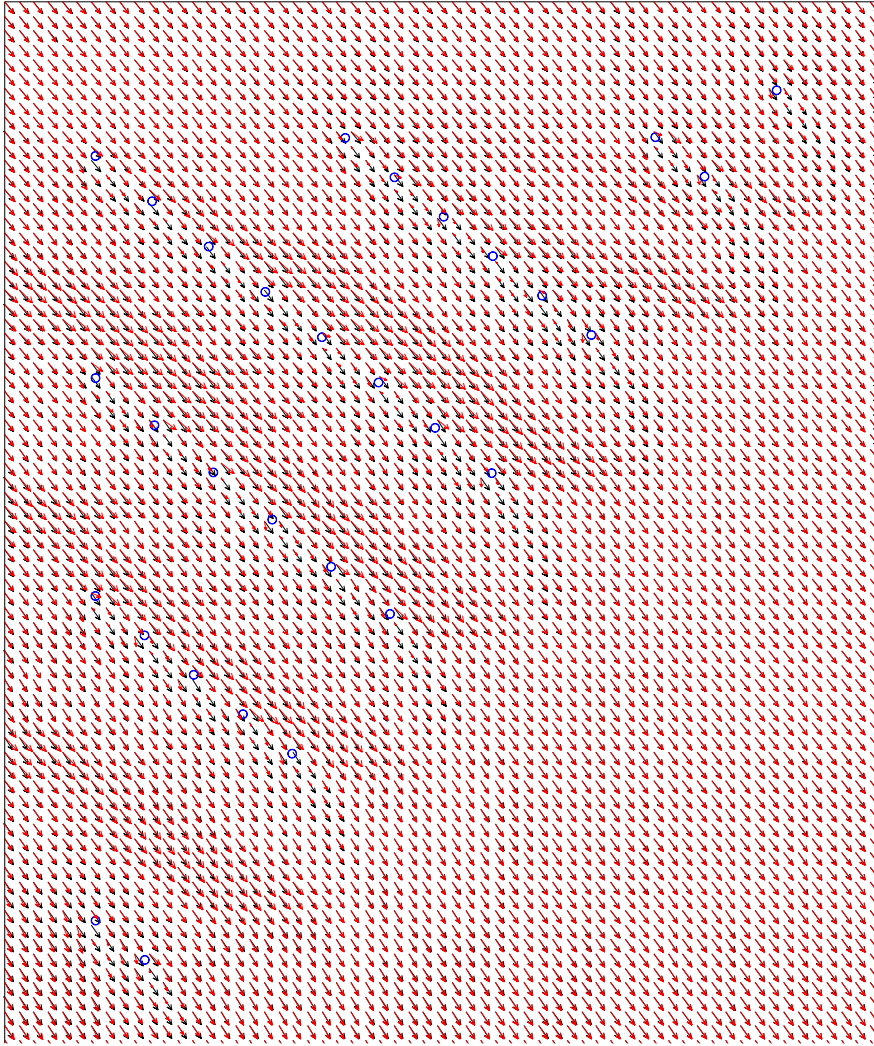


图 4.1.4-18 风电场中层落急流速对比图（黑：工程前，红：工程后）

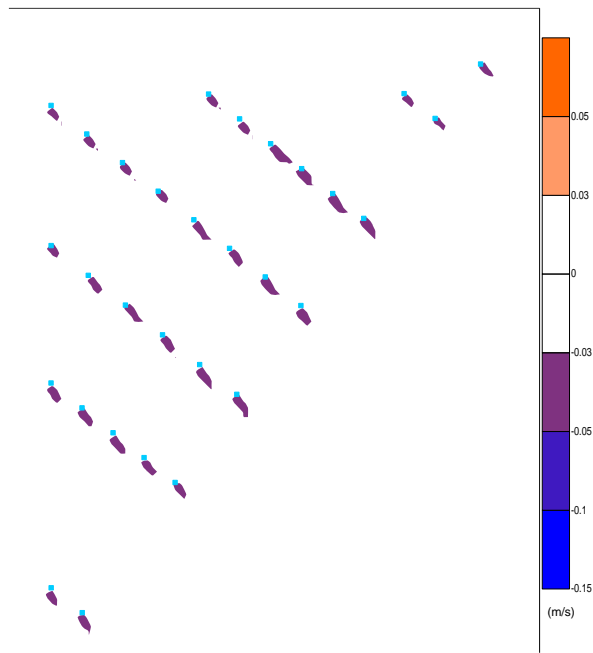


图 4.1.4-19 风电场中层落急流速变化图

## 4.1.5 地形地貌与冲淤影响预测分析

从上节潮流分析结果分析可知，本工程实施后海流影响主要在工程风电场桩基内部海域，而对离工程区较远的海域流态影响较小，因此，可初步分析认为风机导管架周边有一定的冲淤变化，风机导管架较远处冲淤影响则较小。

### 4.1.5.1 桩基附近局部冲淤

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，水流在墩柱周围形成马蹄形漩涡区，不断地进行横向、竖向和前后摆动，剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。

本节引用中广核阳江帆石一海上风电场项目风机桩基础附近局部冲刷影响预测分析结果，根据韩海骞公式，3.5m 桩径桩基的最大冲刷深度和冲刷直径分别为 2.65m 和 15.9m。

### 4.1.5.2 风电场大范围海床冲淤

桩基建成以后，除了海床的自然演变以外，还有由于桩基压缩桩基之间的过水断面引起流速改变造成的冲淤变化以及桩基阻挡水流引起的冲淤，各种冲淤交织在一起同时进行，过程较为复杂。通常情况下，海床的自然演变冲刷认为已达到冲淤平衡状态，即自然演变冲淤幅度为零。

由于已建成风电冲淤观测资料甚少，也没有关于风电风机群桩的海床冲淤计算方式，因此本报告借用成熟的航道、港池冲淤公式计算桩基建成后风电场的一般冲淤，定性研究本项目建好后工程完成以后周边近岸区的泥沙冲淤情况，冲淤强度的计算采用以下公式进行计算：

$$p = \frac{\alpha s \omega t}{\gamma_d} \left[ 1 - \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{2m} \right]$$

式中， $\omega$  为泥沙沉速，单位 m/s，悬浮泥沙中值粒径为 0.032mm，沉速取为 0.05cm/s，桩基附近海区的底层平均含沙量为 0.02kg/m<sup>3</sup>；

其他计算参数：

$\alpha$  为沉降几率，取 0.67；

$t$  为年淤积历时，单位取秒（S），一年即为 31557600 秒；

$S$  为水体平均悬沙含量，单位：kg/m<sup>3</sup>；

$\gamma_a$ 为泥沙干容重，按照公式 $\gamma_a=1750 \times D_{50}^{0.183}$ 计算，单位为 $\text{kg/m}^3$ 。

$V_1$ ,  $V_2$  分别为数值计算工程前、工程后大潮平均流速，单位为  $\text{m/s}$ 。

$M$  根据当地的流速与含沙量的关系近似取作 1.0。

根据以上的设定和潮流数值模拟计算的结果，计算得到风电场工程后每年回淤强度情况，工程后桩基外围达到冲淤平衡时的冲淤强度等值线见图 4.1.5-1。最大淤积幅度为  $0.15\text{m/a}$ ，发生在桩基的 NW 与 SE 方向，与潮流涨急、落急方向基本相似。

整体冲淤情况来看，桩基局部为冲刷，冲刷出来的泥沙落淤到桩基上下游，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，风电场外冲淤基本不受本工程的影响。

目前已建的风场场冲淤也未见精确的观测结果，因此风电海床冲淤引用港池航道冲淤公式进行计算，有待进一步观测结果的基础上再修正。

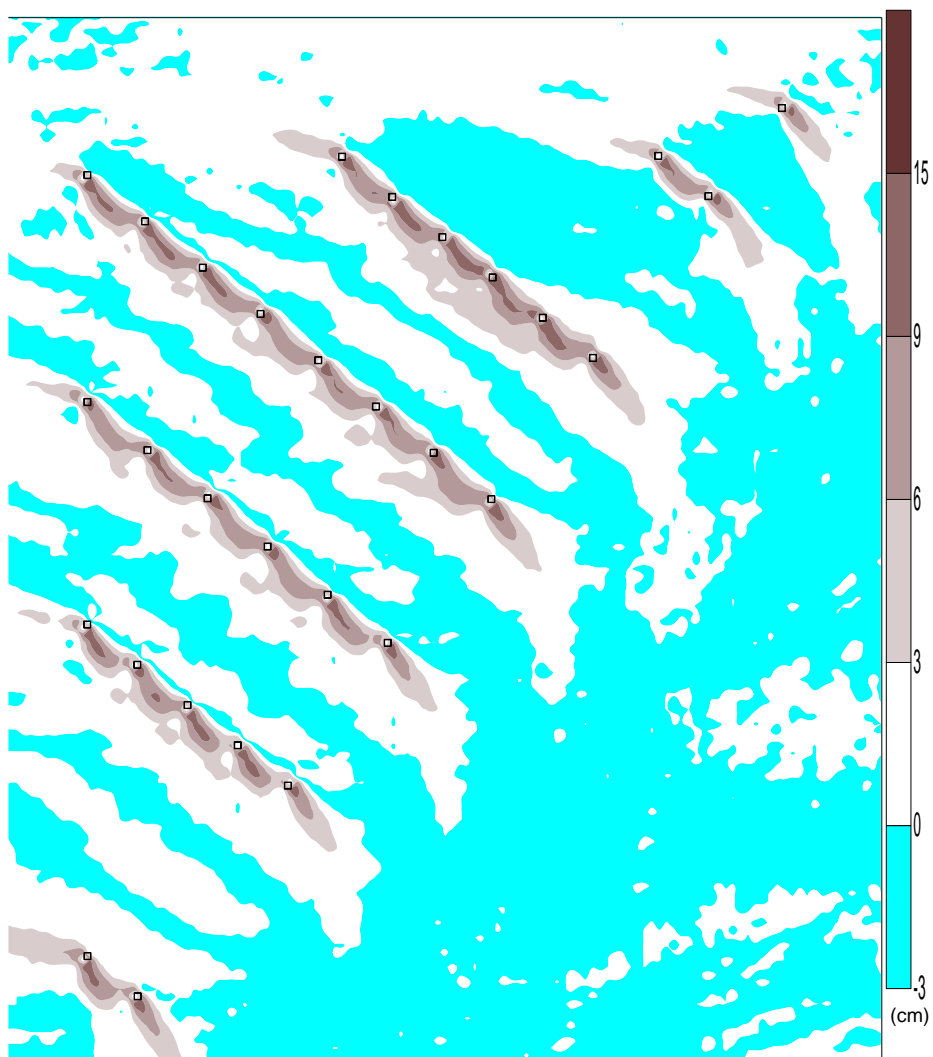


图 4.1.5-1 项目建成后冲淤平衡图

## 4.1.6 水质影响预测对比分析

### 4.1.6.1 三维泥沙控制方程及参数

Sigma 坐标系下三维泥沙平流扩散、沉降控制方程为：

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + u \frac{\partial CD}{\partial x} + v \frac{\partial CD}{\partial y} + w_f \frac{\partial C}{\partial \sigma} = K_M \frac{\partial}{\partial x} \left( D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + K_M \frac{\partial}{\partial y} \left( D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{K_v}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right) + DS_c$$

其中： $C$  为水体悬沙含量， $S_c$  为输入源强， $w_f$  为泥沙有效沉速， $w_f = w - w_s$ ， $w_s$  为泥沙静水中沉速。 $K_M$  为水平扩散系数，采用欧拉公式，

$$K_{MX} = 5.93 \sqrt{gH} |u| / C_z \quad K_{MY} = 5.93 \sqrt{gH} |v| / C_z$$

$C_z$  为 chezy 系数， $K_v$  为垂直扩散系数。

$$\text{岸界边界条件:} \quad \frac{\partial C}{\partial \bar{n}} = 0$$

侧开边界的边界条件：

$$\text{入流时} \quad C|_{\Gamma} = P_0 \quad ;$$

$\Gamma$  为水边界， $P_0$  为边界上浓度，计算冲射式挖沟施工悬沙增量时，因本底悬沙浓度不大，不考虑本底值，取  $P_0 = 0$ 。

$$\text{出流时} \quad \frac{\partial C}{\partial t} + U_n \frac{\partial C}{\partial \bar{n}} = 0 \quad U_n \text{ 为边界法向流速；}$$

$$\text{自由表面上:} \quad w_f C + K_v \frac{\partial C}{\partial z} = 0$$

$$\text{海底床面:} \quad -K_v \frac{\partial C}{\partial z} - w_{fb} C_b = \begin{cases} M \left( \frac{v^2}{v_e^2} - 1 \right) & v \geq v_e \\ 0 & v_d < v < v_e \\ w_{fb} C_b \left( \frac{v^2}{v_d^2} - 1 \right) & v \leq v_d \end{cases}$$

式中： $M$  为冲刷系数，取曹祖德实验参数， $M = 6.4 \times 10^{-3}$ ； $w_{fb}$  为近底层泥沙有效沉速， $w_{fb} = w_s - w$ ， $w_s$  为泥水静水沉速， $w_{fb} \times C_b$  为悬沙垂直沉降通量， $K_v \frac{\partial C}{\partial z}$  为近底层泥沙在湍流运动作用下的上扬通量； $V$  为底层流速， $V_d$  为泥沙从悬浮状态落淤的临界流速， $V_e$  为床面泥沙悬扬临界流速。

泥沙沉速  $w_s$  采用张瑞瑾通用泥沙沉速公式计算，

$$w = \sqrt{(13.95 \frac{v}{D})^2 + 1.09\alpha gD} - 13.95 \frac{v}{D}$$

其中， $v$  为水运动粘滞系数，取值  $0.01146\text{cm}^2/\text{s}$ ； $D$  为泥沙粒径（mm）； $\alpha$  为重率系数，取 1.7。

泥沙起动用窦国仁的泥沙起动公式：

$$\text{悬扬临界流速： } V_e = k (\ln 11 \frac{h}{\Delta}) (\frac{d'}{d_*})^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD + (\frac{r_0}{r_*})^{5/2} \frac{\varepsilon + g\delta h(\delta/D)^{1/2}}{D}}$$

$$\text{落淤的临界流速： } V_d = k (\ln 11 \frac{h}{\Delta}) (\frac{d'}{d_*})^{1/3} \sqrt{3.6 \frac{r_s - r}{r} gD}$$

泥沙起动公式中各参数取值为， $k=0.41$ ， $g=981\text{cm}/\text{s}^2$ ，当泥沙粒径  $D < 0.05\text{cm}$ ，床面糙率  $\Delta = 0.1\text{cm}$ ， $d' = 0.05\text{cm}$ ， $d_* = 1.0\text{cm}$ ，泥沙粘结系数  $\varepsilon = 1.75\text{cm}^3/\text{s}^2$ ，薄膜水厚度参数  $\delta = 2.31 \times 10^{-5}\text{cm}$ ， $h$  水深（cm）， $r_0$  床面泥沙干容重（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）， $r_*$  床面泥沙稳定干容重（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ），泥沙容重  $r_s = 2.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，海水容重  $r_s = 1.025\text{g}/\text{cm}^3$ 。

**初始条件：**

模拟施工期本底值均置为 0，仅考虑悬沙增量。

**数值网格形式：**

模拟计算在小区域上，网格同小区流场一致，垂直分层与小区流场一致，在 Arakawa ‘C’ 网格上采用迎风格式求解方程。

#### 4.1.6.2 源强设置

本工程海底电缆敷设在泥面下约 3m 深处，海缆沟槽底宽约 0.3m，顶宽约 0.5m，正常铺设速度约 6~9m/min，单条海底电缆铺设正常施工土方量 =  $(0.3\text{m} + 0.5\text{m}) \times 3\text{m} \times 0.5 \times 9\text{m}/\text{min} = 10.8\text{m}^3/\text{min} = 0.18\text{m}^3/\text{s}$ 。根据类似工程施工经验，单条电缆施工的悬浮物源强以施工土方量的 20% 计算 =  $0.18\text{m}^3/\text{s} \times 20\% = 0.036\text{m}^3/\text{s}$ 。

中值粒径调查海域主要集中在 0.01~0.02mm 之间，沉速计算中值粒径取 0.02mm。因此，泥沙取值为 0.05cm/s。

沉积物干容重按照以下公式计算：

$$\gamma_d = 1750 D_{50}^{0.183}$$

式中， $D_{50}$  为泥沙中值粒径。

由上式计算，干容重分别为  $855.32\text{kg/m}^3$ ，由此计算得到悬浮物源强为  $30.79\text{kg/s}$ 。

本工程悬沙源强主要为海缆铺设施工悬沙源强和桩基施工悬沙源强，考虑桩基施工和海缆施工不同时进行，且桩基施工位置基本位于海缆铺设范围内，从安全角度考虑，选取悬沙源强更大、范围更广的海缆敷设施工进行悬沙影响预测。

采用近似于实际铺缆开沟的方式模拟施工过程悬沙扩散，即沿电缆线逐时逐段释放悬沙源强。方案一风电场 66kV 海底电缆铺缆模拟预测取 255 个代表点、每代表点源强持续时间 0.5 小时，源强示意图见图 4.1.6-1。方案二风电场 66kV 海底电缆铺缆模拟预测取 253 个代表点、每代表点源强持续时间 0.5 小时，源强示意图见图 4.1.6-2。

高压水流冲射开沟上扬悬沙按最不利方式考虑，上扬高度估算为 10m，由于风电场水深变化较大，源强在底层为  $3/4$ 、次底层为  $1/4$ 。

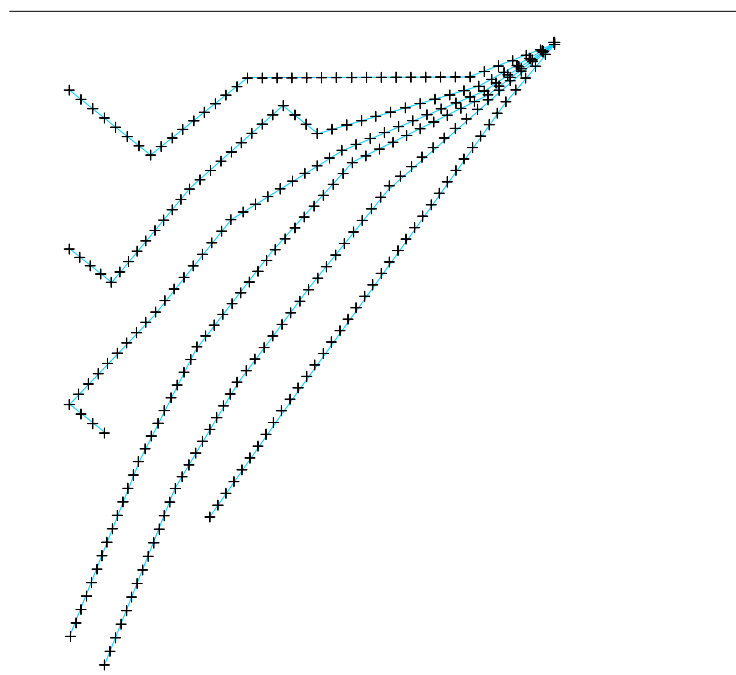


图 4.1.6-1 66kV 集电海缆源强位置示意图（方案一）



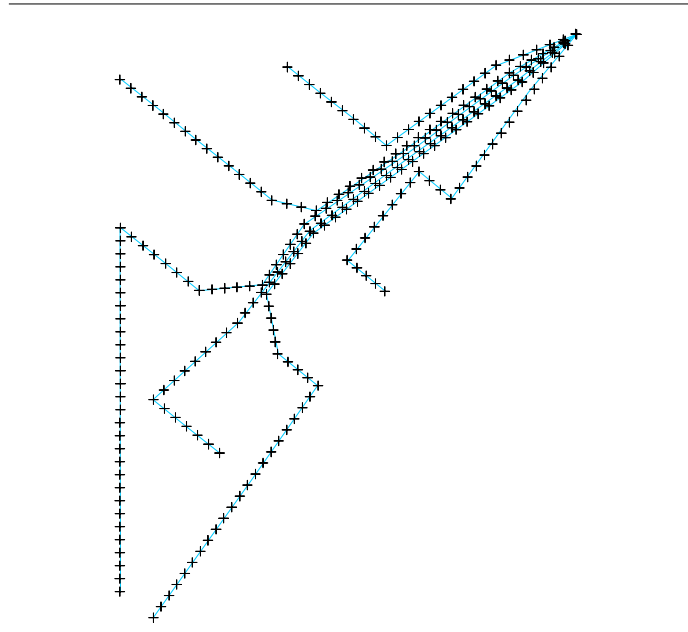


图 4.1.6-2 66kV 集电海缆源强位置示意图（方案二）

#### 4.1.6.3 悬浮泥沙预测结果

本海域本底悬沙浓度较低，故不考虑本底值和边界值对模型计算的影响，仅预测施工所产生的悬沙平流扩散。模拟风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙扩散情况，以各层每半小时的浓度场数据统计其超过 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 包络线面积。

**方案一：**工程施工导致的底层浓度超一、二类水质包络面积为 67.550km<sup>2</sup>，超三、四类水质包络线面积分别为 2.237km<sup>2</sup>、0.449km<sup>2</sup>；次底层浓度超一、二类水质包络面积为 18.337km<sup>2</sup>，超三类水质包络线面积为 0；中层、次表层、表层浓度超一、二类水质包络面积均为 0；垂向平均浓度超一、二类水质包络面积为 17.177km<sup>2</sup>，超三、四类水质包络线面积分别为 0.447km<sup>2</sup>、0.090km<sup>2</sup>。整体而言，悬沙扩散的影响范围基本局限于底层，对中层和表层的影响甚小。风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙增量面积见表 4.1.6-1，次底层、底层悬沙增量包络线浓度场分布见图 4.1.6-3 和图 4.1.6-4。从风电场海底电缆铺缆过程影响范围来看，受季风期余流影响，施工产生的悬浮泥沙主要影响风电场内。

**方案二：**工程施工导致的底层浓度超一、二类水质包络面积为 59.725km<sup>2</sup>，超三、四类水质包络线面积分别为 1.972km<sup>2</sup>、0.297km<sup>2</sup>；次底层浓度超一、二类水质包络面积为 15.635km<sup>2</sup>，超三类水质包络线面积为 0；中层、次表层、表层

浓度超一、二类水质包络面积均为 0；垂向平均浓度超一、二类水质包络面积为 15.072km<sup>2</sup>，超三、四类水质包络线面积分别为 0.394km<sup>2</sup>、0.059km<sup>2</sup>。整体而言，悬沙扩散的影响范围基本局限于底层，对中层和表层的影响甚小。风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙增量面积见表 4.1.6-2，次底层、底层悬沙增量包络线浓度场分布见图 4.1.6-5 和图 4.1.6-6。

从风电场海底电缆铺缆过程影响范围来看，受季风期余流影响，施工产生的悬浮泥沙主要影响风电场内。对比两种用海方案工程实施后引起的悬沙扩散范围，方案一施工引起垂向平均浓度的悬沙扩散范围比方案二略大（大于 10mg/L 的包络线面积约大 2.105km<sup>2</sup>）。悬沙影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

表 4.1.6-1 方案一风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙增量面积（单位：km<sup>2</sup>）

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	18.337	5.380	0.192	0.000	0.000
5	67.550	38.951	10.584	2.237	0.449
垂向平均	17.177	8.866	2.155	0.447	0.090

表 4.1.6-1 方案二风电场 66kV 海底电缆铺缆过程悬沙增量面积（单位：km<sup>2</sup>）

层次	>10mg/L	>20mg/L	>50mg/L	>100mg/L	>150mg/L
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	15.635	4.153	0.112	0.000	0.000
5	59.725	31.390	7.657	1.972	0.297
垂向平均	15.072	7.109	1.554	0.394	0.059

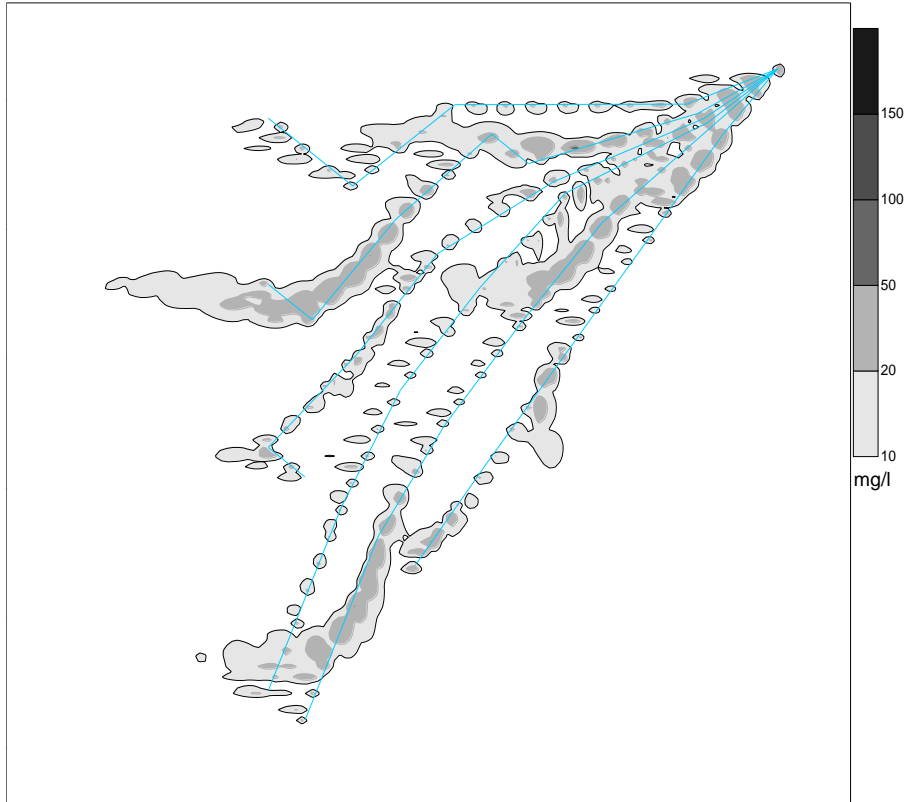


图 4.1.6-3 方案一 66kV 电缆铺缆次底层悬沙增量包络线 (大于 10mg/L 面积 18.337km<sup>2</sup>)

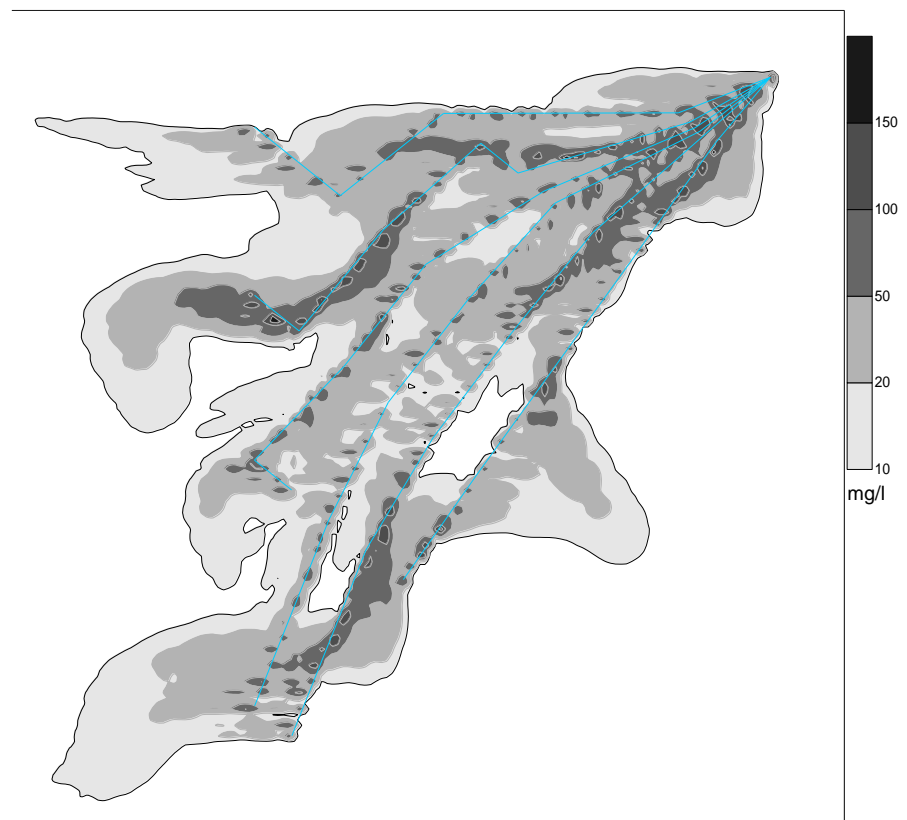


图 4.1.6-4 方案一 66kV 电缆铺缆底层悬沙增量包络线 (大于 10mg/L 面积 67.550km<sup>2</sup>)

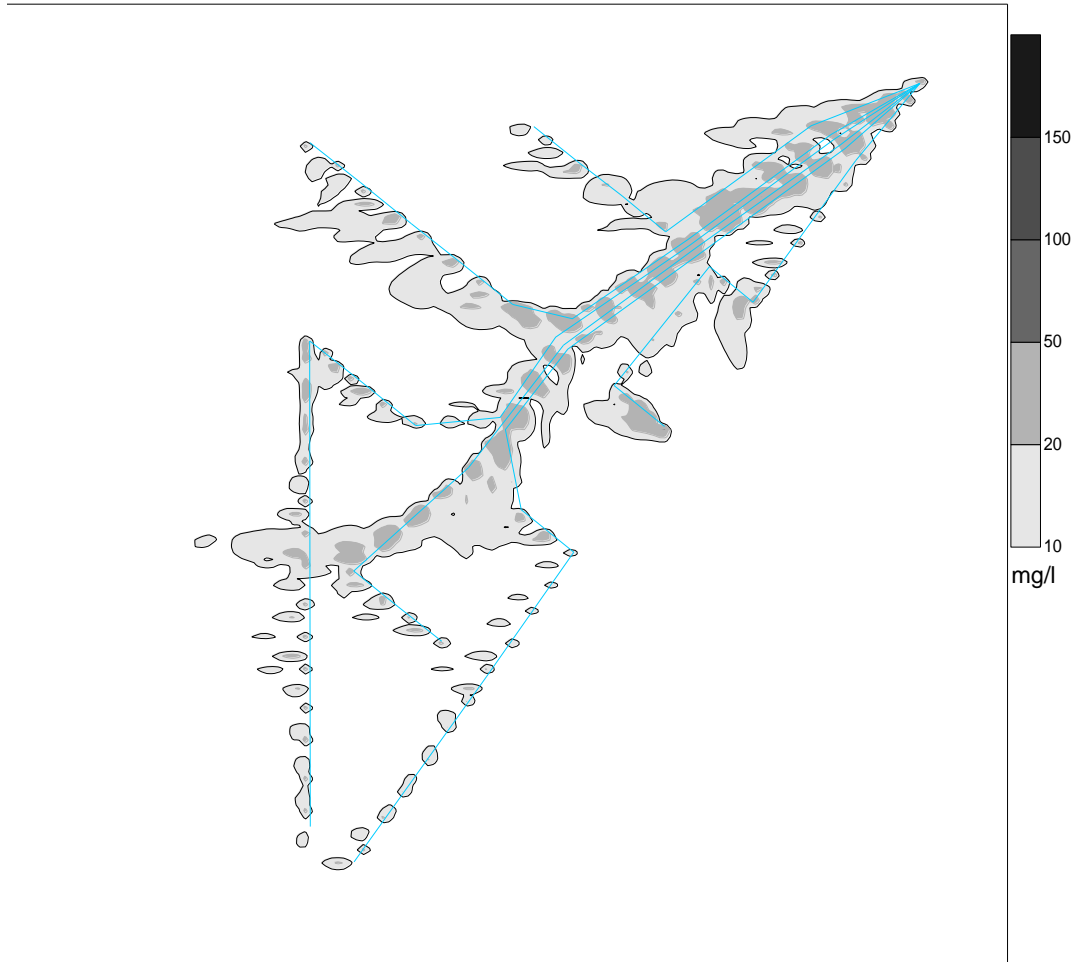


图 4.1.6-5 方案二 66KV 电缆铺缆次底层悬沙增量包络线（大于 10mg/L 面积 15.635km<sup>2</sup>）

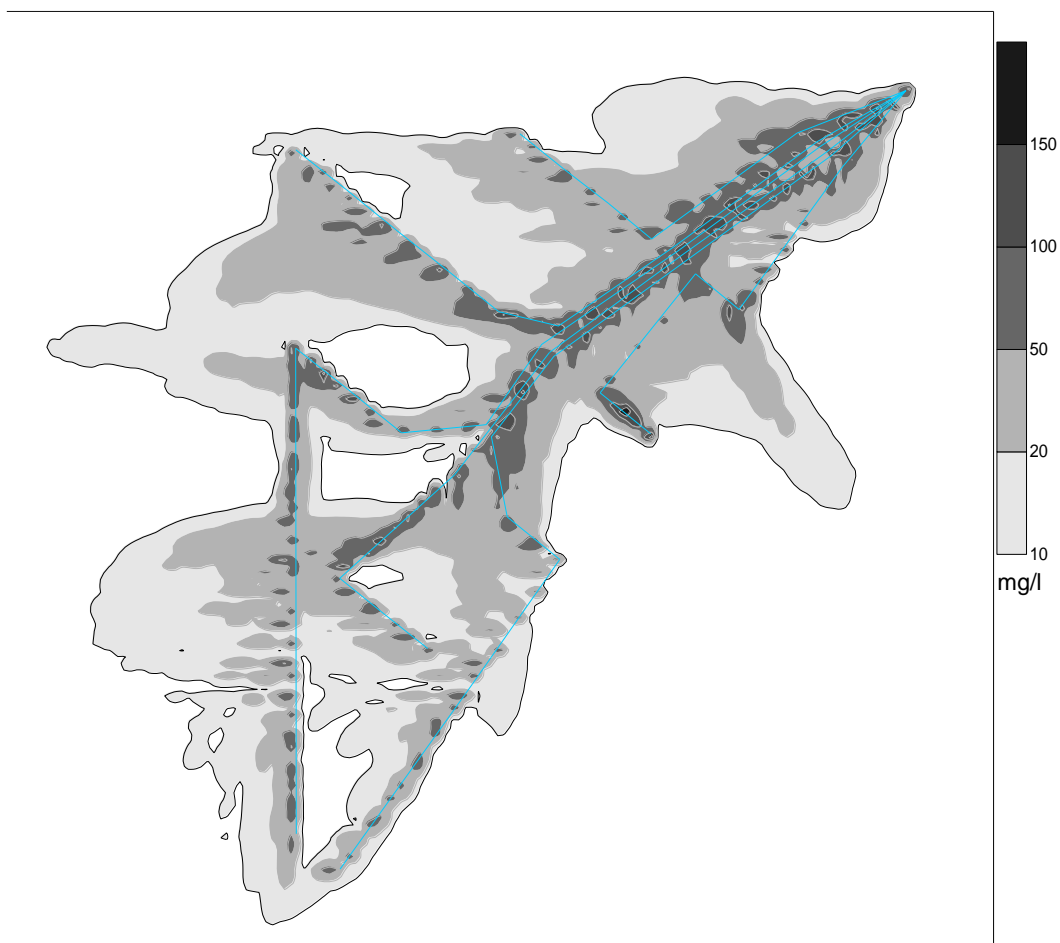


图 4.1.6-4 方案二 66KV 电缆铺缆底层悬沙增量包络线（大于 10mg/L 面积 59.725km<sup>2</sup>）

## 4.1.7 用海方案推选

### （1）水质影响预测对比

方案一施工引起垂向平均浓度 > 10mg/L 的包络面积为 17.177km<sup>2</sup>，方案二施工引起垂向平均浓度 > 10mg/L 的包络面积为 15.072km<sup>2</sup>，方案一施工引起垂向平均浓度的悬沙扩散范围比方案二略大。悬沙影响主要在海缆铺设过程出现，影响范围主要位于风电场内，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

### （2）投资成本比选

方案一、方案二集电海缆经济性分析见表 4.1.7-1 和表 4.1.7-2，经济性对比分析见表 4.1.7-3。

表 4.1.7-1 集电海缆布置方案一经济性分析

方案一	初期建设费				运行费用		征海费用	
电缆规格	长度* (km)	单价 (万元)	安装费 (万元)	总价 (万元)	每年损耗费 用(万元)	25年折现费 用(万元)	年海域使用 费(万元)	25年海域使用 费用(万元)
HYJQF41-F 38/66kV 3×95+2×36	29.10	120.07	40	4657.42	176	1930	41	446
HYJQF41-F 38/66kV 3×185+2×36	16.02	161.63	40	3229.75	106	1161	22	245
HYJQF41-F 38/66kV 3×400+2×36	21.17	249.63	40	6132.04	157	1724	30	324
HYJQF41-F 38/66kV 3×630+2×36	18.72	353.08	40	7358.19	151	1647	26	287
总	85.01	/	/	21377.40	/	6462.07	/	1302.60
全寿命可比成本(万元)	29142							

注：\*成本核算电缆长度为采购长度。

表 4.1.7-2 集电海缆布置方案二经济性分析

方案二	初期建设费				运行费用		征海费用	
电缆规格	长度* (km)	单价 (万元)	安装费 (万元)	总价 (万元)	每年损耗费用 (万元)	25年折现费用 (万元)	年海域使用费 (万元)	25年海域使用费用 (万元)
HYJQF41-F 38/66kV 3×95+2×36	25.78	120.07	40	4125.95	156	1709	36	395
HYJQF41-F 38/66kV 3×185+2×36	8.89	161.63	40	1793.42	59	645	12	136
HYJQF41-F 38/66kV 3×400+2×36	21.21	249.63	40	6142.97	158	1727	30	325
HYJQF41-F 38/66kV 3×630+2×36	28.64	353.08	40	11259.63	230	2521	40	439
总	84.52	/	/	23321.96	/	6602	/	1295
全寿命可比成本(万元)	31219							

注：\*成本核算电缆长度为采购长度。

表 4.1.7-3 集电线路布置经济性对比分析

项目	方案一：6 回集电海缆集约布置	方案二：6 回集电海缆点对点布置
集电海缆需采购长度 (km)	85.01	84.52
集电海缆涉海长度 (km)	68.99	68.39
初期投资 (万元)	21377.40	23321.96
初期投资差额 (万元)	基准	1944.56
全寿命可比成本 (万元)	29142	31219
全寿命可比成本差额 (万元)	基准	2077

方案一使大截面集电海缆长度尽可能短，从而大大的节约工程投资造价，但由于串间小截面海缆长，使得方案总体海缆采购长度略比方案二长约 0.5km。

方案二从集约用海的角度出发，采用行间风机成串，减少列间风机串连，并且尽可能采用多回路同回路布置，该方案节约占海，但造价更高，从初期投资成本及全寿命成本较方案一增加约 2000 万。

从投资成本上看，方案一优于方案二。

### (3) 施工难度比选

方案二由于采用同路由敷设，增加了路径上的拐点，同时增加了施工难度。从施工难度上看，方案一优于方案二。

### (4) 运行风险

根据海上风电场运行经验统计，当前海上风电场海缆故障原因主要为锚害事故，若风电场内采用同一通道布置海缆路由，在发生锚害事故时容易造成多根海缆集体故障，增加了风电场海缆运行的风险。因此，从运行风险上看，方案一优于方案二。

### (5) 用海方案推选

各用海方案主要参数比选情况见表 4.1.7-4。

表 4.1.7-4 用海方案比选

比选指标	方案一	方案二	评价
水质（悬沙扩散）	施工引起垂向平均浓度 > 10mg/L 的包络面积为 17.177km <sup>2</sup>	施工引起垂向平均浓度 > 10mg/L 的包络面积为 15.072km <sup>2</sup>	方案二较优
投资成本	初期投资 21377.40 万元，全寿命可比成本 29142 万元。	初期投资 23321.96 万元，全寿命可比成本 31219 万元。	方案一较优
施工难度	拐点较少	拐点较多	方案一较优

运行风险	采用不同通道布置海缆路由	采用同一通道布置海缆路由	方案一较优
------	--------------	--------------	-------

综上所述，方案一对水质（悬沙扩散）的影响比方案二略大，方案一的投资成本较低，施工难度较低，运行风险较低。由于施工产生的悬浮泥沙主要影响风电场内，悬沙影响主要在海缆铺设过程出现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复，因此推荐用海方案为投资成本较低，施工难度较低及运行风险较低的方案一。

## 4.2 资源影响分析

根据生态评估结果，推荐用海方案为方案一，因此对方案一开展资源影响分析。

### 4.2.1 对岸线及海洋空间资源的影响

本项目装机容量为 400MW，拟建设 29 台 14MW 的固定式风电机组，6 回 66kV 集电海底电缆。

本项目申请用海面积为 178.7534 公顷，其中透水构筑物（风机）面积为 48.4967 公顷，海底电缆管道（66kV 集电海缆）用海面积为 130.2567 公顷。本项目建设风机、海底电缆用海占用了部分海底、海面以及部分海面上方的海域空间资源，使部分海洋空间开发活动也受到了限制，占海区域对海域空间资源的其他开发活动具有一定的排他性。本次论证的内容为风机和 66kV 集电海底电缆，距离最近的陆地约 65km，不占用海岸线资源。

### 4.2.2 对海洋生物资源的影响

#### 4.2.2.1 底栖生物损失量

风机基础长期、定位架短期占压海域底质，对底栖生物及生态系统造成了长久的影响。参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程(SC/T 9110-2007)》（以下简称《规程》），底栖生物的资源损失按以下公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

$W_i$  为第  $i$  种生物资源受损量，单位为 kg，此处为底栖生物资源受损量；



$D_i$  为评估区域内第  $i$  种生物资源密度，单位  $\text{kg}/\text{m}^2$ ，此处为底栖生物平均生物量；

$S_i$  为第  $i$  种生物占用的水域面积，单位为  $\text{m}^2$ 。在此为风机桩基、海底电缆基槽开挖面积。

本项目拟建设 29 台 14MW 固定式风电机组均采用四桩导管架基础，桩径为 3.5m，则风机桩基占用海域面积为  $1115.485\text{m}^2$ 。风机基础施工需要定位架来维持稳定，定位架防沉板会占用海域，防沉板尺寸为  $28\text{m}\times 28\text{m}$ （中心存在空心方孔，中心方孔为  $10\text{m}\times 10\text{m}$ ），则 1 台风机施工定位架占用海域面积为  $684\text{m}^2$ ，29 台风机施工定位架占用海域面积为  $19836\text{m}^2$ 。

本项目 66kV 集电海底电缆总长约 68.99km，考虑海缆管沟开挖及其悬浮物再沉降的边际效应，海底电缆铺设造成底栖生物生境破坏范围按照电缆两侧各 5m 宽计算，则本项目海缆施工造成底栖生物损失的面积为  $689900\text{m}^2$ 。

表 4.2.2-1 底栖生物生境破坏面积一览表

名称	生境破坏面积 ( $\text{m}^2$ )
风机桩基	1116.05
定位架	19836
海缆	689900
合计	710852.05

根据 2022 年春季和 2023 年秋季的现状调查资料，选取项目附近底栖生物调查站位的 2 季调查平均生物量进行计算。

表 4.2.2-2 项目附近调查站位底栖生物资源统计表（单位： $\text{g}/\text{m}^2$ ）

调查期	站位			平均值	两季平均
2022 年春季	FH23	FH33	FH35	3.268	1.853
	3.67	4.97	1.165		
2022 年秋季	CD13	CD14	CD18	0.437	
	0.12	0.91	0.28		

则本项目直接造成生物损失量为：

桩基础造成底栖生物损失量： $1116.05\times 1.853\times 10^{-3}=2.07\text{kg}$

定位架造成底栖生物损失量： $19836\times 1.853\times 10^{-3}=36.76\text{kg}$

海缆施工造成底栖生物损失量： $689900\times 1.853\times 10^{-3}=1278.39\text{kg}$

因此，项目桩基础建设、定位架施工、海缆施工造成底栖生物直接损失合计为  $1317.22\text{kg}$ 。

#### 4.2.2.2 渔业资源损失量

本工程海缆铺设和风机桩基施工工期超过 15 天，按照《规程》，工程在悬浮物扩散范围内对海洋生物产生的持续性损害，按以下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中： $M_i$ 为第  $i$  种生物资源累计损害量，尾、个或千克（kg）；

$W_i$ 为第  $i$  种生物资源一次性平均损失量，尾、个或千克（kg）；

$T$  为污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），个；

$D_{ij}$ 为某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源密度，尾/ $\text{km}^2$  或个/ $\text{km}^2$  或千克（kg）/ $\text{km}^2$ ；

$S_j$ 为某一污染物第  $j$  类浓度增量区面积， $\text{km}^2$ ；

$K_{ij}$ 为某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源损失率，%；

$n$  为某一污染物浓度增量分区总数。

上述各参数的取值如下：

根据水质环境影响预测，海缆施工期悬沙扩散的影响主要集中在中层和底层。本工程悬浮泥沙引起的生物损失按垂向平均包络线进行计算， $>10\text{mg/L}$  悬浮泥沙扩散包络线面积为  $17.177\text{km}^2$ ， $>20\text{mg/L}$  悬浮泥沙扩散包络线面积为  $8.866\text{km}^2$ ， $>50\text{mg/L}$  悬浮泥沙扩散包络线面积为  $2.155\text{km}^2$ ， $>100\text{mg/L}$  悬浮泥沙扩散包络线面积为  $0.447\text{km}^2$ 。

表 4.2.2-3 本工程悬浮物对各类生物损失率参数（参照《规程》相关规定）

悬沙增值浓度（mg/L）	污染物 $i$ 的超标倍数（ $B_i$ ）	垂向平均扩散面积（ $\text{km}^2$ ）	各类生物损失率（%）			
			鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
10~20	$B_i \leq 1$ 倍	8.311	5	1	5	5
20~50	$1 < B_i \leq 4$ 倍	6.711	10	5	10	10
50~100	$4 < B_i \leq 9$ 倍	1.708	30	15	30	30
$>100$	$B_i \geq 9$ 倍	0.447	50	40	50	50

本工程海缆敷设施工为船舶“埋设犁”敷设施工，悬浮物浓度增量影响的持续时间一般不超过 15 天，且海缆敷设施工为线型移动敷设，持续周期按 1 计算。根据工程海域测量资料，项目所在平均水深按 47m 计。

以两季调查平均值作为评估依据进行评估，项目所在海域海洋渔业资源密度见表 4.3.3-4。

表 4.2.2-4 海洋生物调查结果统计表

类别	生物量		
	2022 年春季	2023 年秋季	两季平均
游泳生物 (kg/km <sup>2</sup> )	426.258	175.417	300.838
鱼卵 (ind/m <sup>3</sup> )	5.046	0.549	2.798
仔稚鱼 (ind/m <sup>3</sup> )	1.600	0.146	0.873

则项目施工悬浮泥沙造成渔业资源损失量为：

$$\begin{aligned} \text{游泳生物} &= 300.838 \times 1 \times (8.311 \times 1\% + 6.711 \times 5\% + 1.708 \times 15\% + 0.447 \times 40\%) \times 10^{-3} \\ &= 0.257\text{t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鱼卵} &= 2.798 \times 47 \times 1 \times (8.311 \times 5\% + 6.711 \times 10\% + 1.708 \times 30\% + 0.447 \times 50\%) \times 10^6 \\ &= 2.40 \times 10^8 \text{ 粒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{仔鱼} &= 0.873 \times 47 \times 1 \times (8.311 \times 5\% + 6.711 \times 10\% + 1.708 \times 30\% + 0.447 \times 50\%) \times 10^6 \\ &= 7.48 \times 10^7 \text{ 尾} \end{aligned}$$

因此，项目施工造成渔业资源直接损失量为：游泳生物 0.257t，鱼卵  $2.40 \times 10^8$  粒，仔鱼  $7.48 \times 10^7$  尾。

### 4.2.3 对其他海洋资源的影响

本项目所在海域风能资源较丰富，适宜开发海上风电项目。本项目用海是对该海域风能资源的有效利用，且风能资源属于清洁的可再生能源，一般情况下本项目建设不会对其产生不利影响，项目建设符合可持续发展的原则和国家能源发展政策方针，可减少化石资源的消耗，减少因燃煤等排放有害气体对环境的污染，对于满足当地电力负荷需求、促进地方经济快速发展将起到积极作用。因此，本项目建设对风能资源没有不良影响，相反有效利用了海域的风能资源，有助于形成示范效应，推动海上风能资源的高效利用。

本项目位于江门市台山市南侧海域，项目与周边的滩涂、岛礁、港口等其他海洋资源有一定距离。总体上，项目对滩涂、岛礁、港口、矿产以及旅游等其他海洋资源基本无影响。

## 4.3 生态影响分析

根据生态评估结果，推荐用海方案为方案一，因此对方案一开展生态影响分析。

### 4.3.1 对水文动力环境影响

本项目涉海工程主要有风机基座与海底电缆工程，海底电缆埋设于海床，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机基座。由于流向与风机排列方向基本一致，涨急时刻表现为桩基后西北方向（下游）流速减少，落急时刻表现为桩基后东南方向（下游）流速减少，模拟结果显示，风电场外 5.0km 外流场可基本可保持原来状态。

### 4.3.2 对地形地貌冲淤环境影响

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，水流在墩柱周围形成马蹄形漩涡区，不断地进行横向、竖向和前后摆动，剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。整体冲淤情况来看，桩基局部为冲刷，冲刷出来的泥沙落淤到桩基上下游，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，桩基的最大可能冲刷深度和冲刷直径分别为 2.65m 和 15.9m，风电场工程后最大淤积幅度为 0.15m/a，风电场外冲淤基本不受本工程的影响。

### 4.3.3 对水质环境的影响

#### 4.3.3.1 施工期对水质环境影响

##### （1）施工悬浮物扩散影响

根据推荐用海方案的计算结果，工程施工导致的底层浓度超一、二类水质包络面积为 67.550km<sup>2</sup>，超三、四类水质包络线面积分别为 2.237km<sup>2</sup>、0.449km<sup>2</sup>；次底层浓度超一、二类水质包络面积为 18.337km<sup>2</sup>，超三类水质包络线面积为 0；中层、次表层、表层浓度超一、二类水质包络面积均为 0；垂向平均浓度超一、二类水质包络面积为 17.177km<sup>2</sup>，超三、四类水质包络线面积分别为 0.447km<sup>2</sup>、0.090km<sup>2</sup>。整体而言，悬沙扩散的影响范围基本局限于底层，对中层和表层的影响甚小。悬沙影响主要出现在施工点附近海域，这种影响主要在海缆铺设过程出

现，海缆铺设施工迅速，一旦施工完毕，工程所在区域周边水质环境可在较短时间内恢复。

## **(2) 施工期污废水影响**

本工程海上施工期间会产生一定量的生活污水，生活污水中含有较高浓度的N、P等物质，未经处理直接排放，则会在一定程度上加重海域的富营养化程度，恶化工程附近海域的水环境。本工程施工设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。

因此，项目建设对所在海域水质带来的影响是局部的、短期的和可逆的，一旦施工结束，影响即可消除。

### **4.3.3.2 运营期对水质环境影响**

项目运营期间对海水水质的影响主要为风机维修的废油。项目运营期间对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等，检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中，维护结束后送交有资质单位进行妥善处置。因此，项目运营期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

## **4.3.4 对沉积物的影响**

### **4.3.4.1 施工期对沉积物环境影响**

#### **(1) 施工悬浮泥沙扩散对沉积环境的影响**

本项目施工过程中桩基施工和海缆敷设产生的悬浮泥沙可能对沉积物环境造成一定影响。海底电缆埋设期间搅起来的海底沉积物被堆积在缆沟两侧，冲埋结束后，在海水运动作用下将回填于缆沟。工程施工除对海底局部沉积物产生部分分选、位移、重组和松动外，并没有混入其它污染物，不会影响海底沉积物质量。

#### **(2) 施工船舶污水对沉积物环境的影响**

施工期众多大型施工船舶在工程海域集结，施工船舶将产生一定数量的含油废水、生活污水和垃圾等，若管理不善，可能发生船舶污水未经处理直接排海，或生活垃圾、废机油等直接弃置入海，将直接污染区域海水水质，进而可能影响工程区域海域沉积物环境质量，造成沉积物中废弃物、大肠菌群、病原体和石油类等指标超标。本工程施工设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收

集贮存后定期交由具有处理资质的单位接收后统一处理，基本不会所在海域的沉积物环境造成影响。

#### **4.3.4.2 运营期对沉积物环境影响**

运营期，本工程对沉积物环境的不利影响主要来自风机基础防腐措施中用到的牺牲阳极装置中的重金属污染物释放。本工程采用高效铝合金牺牲阳极，其主要成分为 Al、Zn、In，溶解后将随海水扩散进入大范围的海水中，部分沉积于桩基附近沉积物中。根据设计单位提供资料，牺牲阳极释放的锌有 10% 进入沉积物中计。由于风电场区地处开阔海域，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散，沉积于底层沉积物的量很少。因此工程实际运行中对区域海洋沉积物环境不会有明显不利影响。

### **4.3.5 对海洋生物的影响**

#### **4.3.5.1 对底栖生物的影响**

本工程建设对底栖生物的影响主要是风电机组桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用，在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡，同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间，导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失，这种对底栖生境的破坏是不可逆的；辅助风机桩基础的定位架施工及海底电缆铺设作业将使作业区所在海域底栖生物的栖息环境遭到破坏，施工结束后，随着新的底栖生物的植入而产生新的栖息环境。

#### **4.3.5.2 对浮游生物的影响**

##### **(1) 对浮游植物的影响**

根据对本工程建设过程的分析，在做好施工期生活污水、船舶含油污水、生活垃圾的收集处理工作的前提下，施工期对浮游植物最主要的影响是施工增加了水体中悬浮物质，影响了水体的透光性，进而影响了浮游植物的光合作用。已有很多国内外学者对光照强度与浮游植物的光合作用之间的关系进行了研究，大量的实验及调查研究表明，水体透明度对叶绿素 a 和浮游植物数量分布和变化是一个至关重要的制约因素。

海缆施工前扫海清障及埋设施工会使海底泥沙再悬浮，造成海缆沿线较大范围海域的含沙量暂时上升，进而降低海洋中浮游植物生产力，对海洋生态系统带

来影响；同时悬浮泥沙的扩散影响会对鱼卵、仔稚鱼的生境产生影响，进而对鱼卵仔鱼资源量造成影响。

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，水体透光性减弱，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。

一般而言，悬浮物的浓度增加在 10mg/L 以下时，水体中的浮游植物不会受到影响，而当悬浮物浓度增加到 50mg/L 以上时，浮游植物会受到较大的影响，特别是中心区域，悬浮物含量极高，海水透光性极差，浮游植物基本上无法生存。当悬浮物的浓度增加量在 10~50mg/L 时，浮游植物将会受到轻微的影响。

在海洋食物链中，除了初级生产者—浮游藻类以外，其他营养级上的生物既是消费者，也是上一营养级生物的饵料。因此，浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，致使这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。而且，以捕食鱼类为生的一些高级消费者，也会由于低营养级生物数量的减少而难以觅食。可见，水体中悬浮物质含量的增加，对整个海洋生态食物链的影响是多环节的。

## **(2) 对浮游动物的影响**

在做好施工期生活污水、船舶含油污水、生活垃圾的收集处理工作的前提下，本项目施工建设对浮游动物最主要的影响是水体中增加的悬浮物质。

悬浮物对浮游动物的影响与悬浮物的粒径、浓度等有关。由于悬浮颗粒物的浓度增加，造成以滤食性为主的浮游动物摄入粒径合适的泥沙，从而使浮游动物内部系统紊乱，因饥饿而死亡。某些桡足类动物，具有依据光线强弱变化而进行昼夜垂直迁移的习性，水体的透明度降低，会引起这些动物生活习性的混乱，破坏其生理功能。具体影响反映在浮游动物的生长率、存活率、摄食率、密度、产量及群落结构等方面。浮游动物受影响程度和范围与浮游植物的相似。

此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。在悬

浮物质中，又以粘性淤泥的危害最大，泥土及细砂泥次之。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。

#### 4.3.5.3 对游泳生物的影响

施工过程对游泳生物的影响主要包括两个方面：一是悬浮物的影响，二是因海域占用减少渔业资源空间。

##### (1) 悬浮物的影响

鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。施工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。悬浮物对鱼类的影响主要表现为直接杀死鱼类个体；降低其生长率及其对疾病的抵抗力；干扰其产卵、降低孵化率和仔鱼成活率；改变其洄游习性；降低其饵料生物的密度；降低其捕食效率等。但悬浮泥沙对渔业的影响不是永久性的，而是可逆的，会随着施工结束而逐渐恢复。悬浮物含量增高，对游泳生物的分布也有一定影响。室内生态实验表明，悬浮物含量为 300mg/L 水平，而且每天做短时间的搅拌，鱼类仅能存活 3~4 周，悬浮物含量在 200mg/L 以下水平的短期影响，鱼类不会直接致死。本项目建设不会产生悬浮物含量高浓度区（300mg/L 以上水平），不会造成成体鱼类死亡，且鱼、虾、蟹等游泳能力较强的海洋生物将主动逃避，游泳生物的回避效应使得该海域的生物量有所下降，从而影响该区域内生物群落的种类组成和数量分布。至于经济鱼类等，由于移动性较强，更不至于造成明显影响。施工结束营运一段时间后，浮游生物和游泳生物种群数量、群落结构会逐步恢复，生物量也会趋于增加，建议在项目营运期内一定时间对部分水域采取增殖和禁捕等保护性措施，尽快恢复项目建设对渔业生产的不利影响。

##### (2) 海域占用减少了渔业空间资源

本项目风电桩基占用了天然渔业空间，减少了天然的鱼卵、仔鱼生长发育以及索饵觅食的理想场所，风电场桩基础的存在有可能妨碍鱼类的正常洄游路线，



从而对渔业空间资源产生影响。

#### 4.3.5.4 对珍稀海洋生物的影响

##### (1) 对中华白海豚的影响

###### ① 悬浮泥沙对中华白海豚影响分析

本项目海缆敷设施工过程中会产生悬浮泥沙，可引起局部海水浑浊，使周围海水水质造成一定影响。根据数值模拟结果，悬沙扩散主要集中在项目工程周边海域。

从生理结构上来说，中华白海豚是用肺呼吸的水生哺乳动物，这有别于用鳃呼吸的鱼类，它呼吸时头部露出水面直接呼吸空气，浑浊的水体对其呼吸影响不大。施工作业完成后，SS 的影响也将消失。本项目应配备海豚观察员，发现中华白海豚出现在工程海域附近时进行驱赶，可降低施工对中华白海豚的影响。

###### ② 水下噪声对中华白海豚的影响

根据厦门大学许肖梅等研究成果（《厦门北通道公铁两用桥工程水下噪声对中华白海豚及渔业资源环境影响评估报告》（2005 年），打桩船、运输船等船舶作业及航运等施工和海上运输活动将使水下噪声级提高 20~30dB，即施工海域水下噪声可达 105~140dB，虽低于上述鲸类最大可承受声压标准（180dB），但仍会对鲸豚产生行为干扰影响，即本项目水下施工时将直接干扰邻近水域鲸豚活动。根据 van Radecke 等对欧洲北海 Alpha Ventus 海上风电跟踪调查结果，预计打桩噪声对施工点 100m 以内鲸豚类有非常明显影响。通常情况，鲸豚将被迫调整其活动范围，待施工作业完成、干扰减少时，鲸豚将逐渐恢复原来活动范围。

建议在桩基开始施工前，密切注意观察施工区域周围白海豚的活动，若发现有白海豚，应暂停施工，采用无害声驱的方法将其驱逐出作业海域，再进行施工作业。施工噪声对白海豚影响不大，在做好上述防护措施的前提下，施工期对中华白海豚的影响在可控的范围之内。

##### (2) 对海龟的影响

本项目施工噪声可能会对海龟的影响有一定影响，由对海龟的行为听阈研究表明其最敏感频率在 100Hz，此时阈值为 98dB re1 $\mu$ Pa。因此，工程打桩施工将对该海域中的海龟行为产生一定程度的影响，会出现激动的行为、突然的身体动作等惊吓反应，或者改变自身的游泳模式和方向，出现下潜等躲避行为。

根据本项目所在海域存在海龟活动的历史追踪数据,说明风电场所在海域不是海龟洄游的主要路线,但周边海域可能有海龟出没,因此施工期应密切关注周围是否有海龟活动。

#### 4.3.5.5 水下噪声影响

##### (1) 施工期影响

###### ①海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

由于水下打桩噪声的强声源特点及对海洋中各类生物所产生的危害,自上世纪 90 年代,美国和欧洲等海洋国家就开始了针对水下打桩噪声的监测和研究。美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声(过渡性)门限值见下表。

表 4.3.5-1 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声(过渡性)门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级 (>180dB 危险级)	基于暂时性听力阈值提升 (TTS) 和保守估计的永久性听力阈值提升 (PTS) 伤害门限	鳍足类: 190 dB RMS 鲸豚类: 180 dB RMS
B 级 (120~180dB, 警告级)	脉冲式噪声(如冲击打桩)可对动物产生行为妨害的门限	160 dB RMS
B 级 (<120dB, 安全级)	非脉冲式噪声(如钻孔)可对动物产生行为妨害的门限	120 dB RMS
鱼类		
伤害门限值	声压峰值(适用于所有鱼): 206dB	累积暴露级 (Cumulative SEL): 对质量大于等于 2 克的鱼体: 187dB 对质量小于 2 克的鱼体: 183dB

目前我国尚未颁布海洋噪声对海洋哺乳动物或鱼类可承受的噪声声压级标准。由于美国没有大黄鱼等对声音较为敏感的石首科鱼类,噪声对鱼类伤害的门限值定的比较松。

不同鱼类对声压的忍受力不同,其中石首科鱼类对声压最为敏感。本报告以对声音最为敏感的石首科鱼类—大黄鱼为研究对象,以实验方法研究了不同大小的大黄鱼的发声信号特点和噪声对其影响。厦门大学在福建闽威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验表明:大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz,声压级约 140dB/re 1 $\mu$ Pa 时幼苗对声波即有明显反应,当声压级达到 172dB/re 1 $\mu$ Pa 时有些幼苗直接死亡;大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至 600Hz,当声强达到 150dB/re 1 $\mu$ Pa 以上小鱼有主动避开声源的行为,当声源强度达到 187dB/re 1 $\mu$ Pa,在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡;大黄鱼成鱼的声敏感频率也在 600Hz

附近，当声源达到 192dB/re 1 $\mu$ Pa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。

### ②施工水下噪声对渔业资源的影响

根据厦门大学在威水产实业有限公司进行的大黄鱼声学实验，大黄鱼幼苗的敏感频率在 800Hz，当声压级达到 172dB/ $\mu$ Pa 时有些幼苗直接死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率转移至 600Hz，当声源达到 192dB/ $\mu$ Pa 时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现 90%的死亡。因此风机基础打桩作业对渔业资源将产生一定的影响，主要体现于对游动鱼类的驱赶作用。如果这一水域有石首鱼科种类产卵，打桩作业对石首鱼科种类产卵的影响不可避免。因此在鱼类产卵期应该暂停打桩作业。施工期对产卵场、索饵场和洄游通道的影响是负面的，主要是打桩和电缆铺设产生的增量悬沙、风机打桩形成的噪声。但是产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性。只要工程中作业顺序安排得当，电缆铺设和风机打桩尽可能的避开渔业敏感季节，施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响程度可以得到减缓和消除。

### ③施工水下噪声对海洋哺乳动物的影响

虽然相关测量数据及研究表明撞击式桩基施工不会对一定距离外（200m 左右）的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋鱼类的累积效应可能造成慢性影响。研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

施工期噪声可能会对海洋哺乳动物和鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，如可造成成年海豹与幼崽的隔离（David Kastak et al. 1999）。

下图为丹麦国家环境研究所在研究海上风电场是否对活动于该海域中的斑海豹和灰海豹的影响研究（Svend Tougaard, et al, 2006）。研究跟踪了从 1999~2005 年间风电场在施工期和营运期水下噪声对海豹的影响。结论是：在风电场施工建设期，斑海豹的数量减少，但建设期结束，斑海豹恢复原来数量，甚至增加；在该风电场施工打桩期，斑海豹的数量明显减少，在另一斑海豹繁殖地施工打桩期

没有见到斑海豹；风车的运转没有对斑海豹产生影响。风电场中的风车的运转噪声在空气中一般为 50-70dB（林丽华，2008），与观测到的现象一致，对斑海豹没有影响。类比分析认为，本工程施工期可能造成海洋哺乳动物在工程海域数量分布减少，但施工结束后相应生物资源量会逐渐恢复。

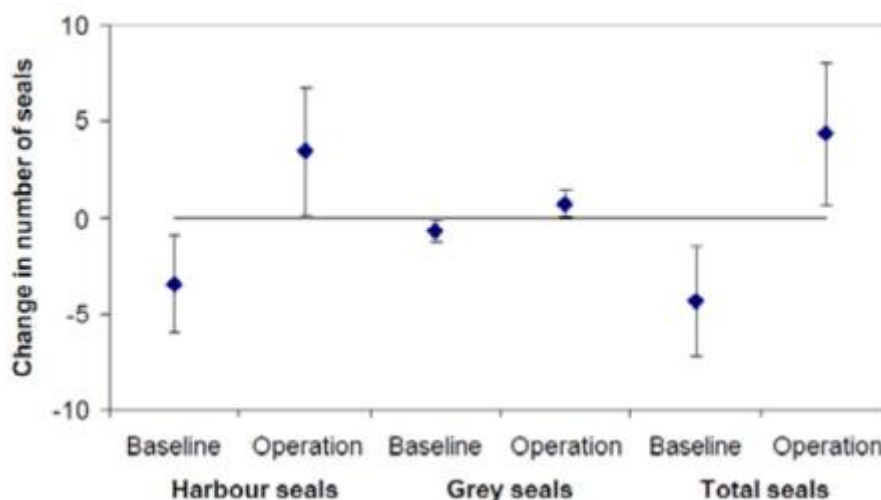


图 4.3.5-1 丹麦风电场施工期和运营期海豹数量的变化

总体上施工期水下噪声对鱼类、海洋哺乳动物的影响主要表现为噪声干扰导致鱼类或海洋哺乳动物暂时游离施工水域，在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类或海洋哺乳动物离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，不会造成大范围鱼类死亡。

## （二）运营期影响

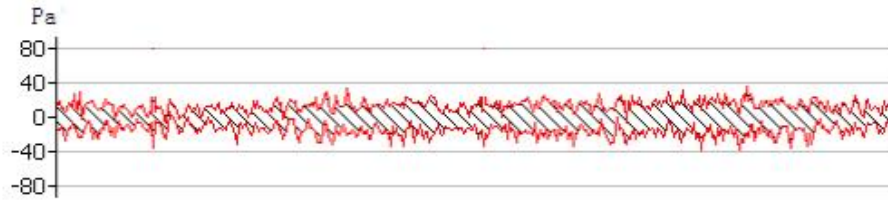
风机运行中向水下辐射噪声的主要途径是风机运行的噪声源从空气中直接通过海面折射到水下、通过风机塔架传导到水中、从风机塔架到海底再辐射到水中三条声传播路径组成。

### ①运营期风电场水下噪声分析

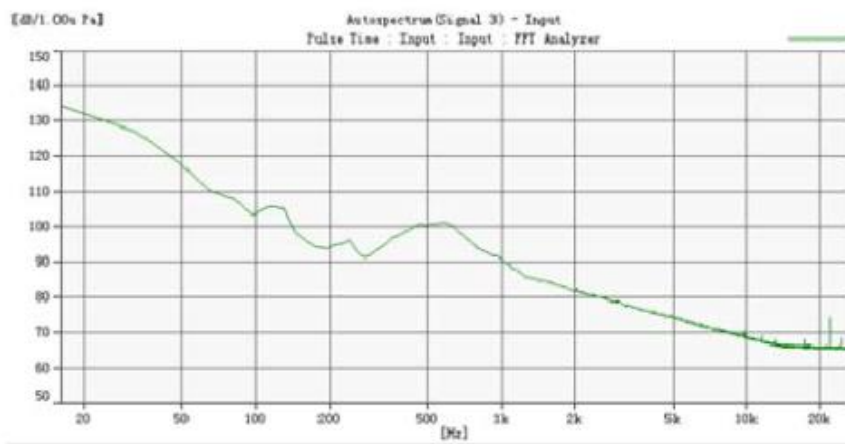
根据厦门大学在上海东海大桥海上风电场类比监测结果表明：风机运行中水下噪声的频谱级基本上都相似，总体强度随频率增加而明显较小，在 1~20kHz 中功率谱级分布在 140dB/1μPa 到 65dB/1μPa 之间，在 120 到 1.5kHz 有一较宽的裙带状谱，强度增加为 10~20dB/1μPa。在离 3 号风机 200m 靠近桥梁及航道上，100Hz 点上的功率谱级达到最大为 128dB/1μPa，比同样深度不同距离的功率谱提高 10~20dB/1μPa。由于水下噪声的时间-空间-频率等随时变化的特性，测量船

只在远离风电场近 4km 处也测量到裙带状的低频背景噪声分布，因此总体由于风机噪声而引起的强度变化不大，基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。

类比调查风机运行水下噪声升压及声功率见下图。



声压时域图



声功率谱图

图 4.3.5-2 类比海上风电场水下噪声实测结果

## ②水下噪声海洋生物影响评价

厦门大学在厦大海洋与地球学院生态场中进行水下噪声对典型海洋生物影响实验，实验海上不同强度声压的水下噪声对水池中鱼类和底栖的影响。实验开始前先在养殖池中 4 个位置用水听器测量水下背景噪声，再将发射换能器置于水池中，发射水下声信号，采用丹麦 B&K 的 PULSE 多通道分析系统，记录和分析水下噪声在 4 个位置中的强度分布。

接着分别放置实验用的鱼种和底栖生物，实验用的鱼种经过适当时间的适应后，再把水声发射换能器和水听器置于水池中并静待 10min。以恢复鱼种因仪器布放过程中所受的惊扰。



图 4.3.5-3 测量背景噪声和声场分布的实验布置图

发射噪声信号从低频到高频进行测试，以目前所研究的大多数的石首科鱼类的最高灵敏度 500Hz 为主要频率，观测对不同频率信号的响应。同时改变发射强度，观测鱼类对声信号的响应。

实验水下噪声分两类：

a) 把之前记录的原始的海上风电场噪声数据作为噪声源，取其中典型的较大的噪声功率谱数据，使用不同强度的声压级（110dB re 1 $\mu$ Pa、120dB re 1 $\mu$ Pa、130 dB re 1 $\mu$ Pa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据；

b) 用计算机产生 200Hz~900Hz 的水下低频噪声，使用不同强度的声压级（110dB re 1 $\mu$ Pa、120dB re 1 $\mu$ Pa、130dB re 1 $\mu$ Pa）进行实验，同时用水听器在水池中进行实时跟踪观察噪声数据。

③水下噪声生物实验结果

a) 行为学参数

运动轨迹：观察了大黄鱼种，锚尾鰕虎鱼、半滑舌鳎、斜带石斑鱼、真鲷、卵形鲳鲹、花尾胡椒鲷、凡纳滨对虾等活动状况，在发射上述所提到的不同强度噪声，特别是风电场记录的较强的水下噪声时，没有出现回避噪声源的现象；

死亡率：在上述使用的噪声源下，连续 3 天持续发射噪声的时间累加超过 48 小时，实验组与对照组之间的死亡率数据基本相同，噪声辐射没有对鱼类产生直接致死现象。

b) 生化指标测量

噪声对 6 种鱼类血液中去甲肾上腺素的含量影响不明显，除斜带石斑鱼的实验组与对比组之间有显著性差异外，其它各组之间的均无显著性差异。营运期中的水下噪声强度对棒锥螺、牡蛎、文蛤、缢蛭的碱性磷酸酶活性、酸性磷酸酶活性有显著影响，对其它物种的作用不显著。磷酸水解酶活力的激活或抑制仅能表明有机体能够感知环境的变化，并不能断定环境条件的变化对生物体是有利还有

害。若要进行利或害的判断，必须进行长期（几个月甚至是几个世代）、多因素（成活率，生长速度，抗逆性，繁殖力等）的综合考虑。

分析海上风电场水下噪声对海洋生物的影响，除了必须对海上风电场风机产生的水下噪声进行实测外，还必须调查区域海洋鱼类的听觉性能，测量不同海洋鱼类的听阈值，了解海洋鱼类的声学特性。根据前期进行过大黄鱼声学特性的初步实验。

#### ④实验结果表明

a) 幼苗对声音的敏感频率在 800Hz, 声强约 140dB 时对声波即有明显反应, 声强 150dB 时有少量幼苗死亡, 当声强达到 172dB 时有较多幼苗直接死亡。

b) 小鱼的测试结果与幼苗明显不同。小鱼的声敏感频率转移至 600Hz, 当声强达到 150dB 以上, 小鱼仍未有致死现象, 仅有主动避开声源的行为, 当声源强度达到 187dB, 在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝, 当声强达到 192dB 时, 仅观察到声源正上方的 2 只小鱼的直接致死, 由此说明小鱼最大可承受声压大于幼苗。

c) 成鱼的声敏感频率也在 600Hz 附近, 当声源达到 192dB 时, 鱼群受惊吓明显, 反应迟钝, 但未能直接致死。但在声源约为 140dB 时, 成鱼对声波就有条件反射行为发生。

可见, 不同规格和年龄的大黄鱼对水中声音的反应存在明显差异。三种不同尺寸的鱼对声音的敏感频率集中在 600-800Hz 频带上, 与大黄鱼主动发声时的主要谱峰位置相吻合。但不同年龄的大黄鱼的声敏感频率有略微差别, 生长年龄越小的鱼, 其声敏感频率越高。但大黄鱼的发声信号特征与鱼体耳石大小、生长年龄、雄雌等之间更为定量的关系, 还需深入的实验研究。

总体来说, 海上风电场在营运期的总体的噪声比较低, 即使是在靠近运转风机的测点上也只有少数数值的水下噪声在特定频段(120Hz~1.5kHz)上的水下噪声高于背景噪声 10~20dB/1 $\mu$ Pa, 总体噪声谱级都在 120dB/1 $\mu$ Pa 以下。风电场营运期水下噪声谱级分布强度较小, 基本上与海洋环境背景噪声谱级相当, 风电场营运中频率在 5kHz 以上的噪声谱级均在 95dB 以下, 因此, 不会对该海域中的鱼类行为活动产生影响。

噪声对鱼类等海洋生物的实验研究表明, 营运期水下噪声强度就本实验中所

提及的海洋生物实验条件下没有显著影响，对海域中典型鱼类等影响不明显。

风机运行产生的噪声到达海面时衰减为 45dB，声波传入水体中将进一步衰减。因此，风机运行产生的噪声不会引起桩基周围的水生生物和鱼类晕厥、死亡等现象，且当风机噪声影响鱼类正常栖息和生存时，鱼类将游离该处，寻找适合生存的栖息地。

#### 4.3.5.6 电磁辐射环境影响

类比汕头中澎二海上风电场项目中 6 回 66kV 海缆电磁影响结果，风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的海底电缆，由于磁场在海域介质中的衰减特性，在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 1 $\mu$ T 以下。据该项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等海洋生物影响在可以接受范围。

##### (1) 电磁环境对海洋生物的影响

研究表明磁场能够影响某些鱼类在生理、繁殖、生存等方面的能力，有些鱼类的体内具有磁性物质，用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。这些鱼类对磁场特别敏感，因此放置在海底地面的电缆将破坏洄游鱼类的地磁模式，影响其定位。在所有重要的硬骨鱼体内都有少量的磁性物质；在软骨鱼类（鲨鱼、鳐科鱼类）中发现了一种与硬骨鱼类不同的磁场感应机制，软骨鱼类通过探测海流运动以及鱼类本身穿过地球磁场活动所产生的磁场获取空间信息，在它们头部、嘴周围以及身体沿线通常都有敏感的电感受器。

鱼类的生理方面也与磁场有关。例如，在溪红点鲑（*Salvelinus fontinalis*）的磁场暴露研究中发现，鱼体内激素水平发生了改变（Lerchl. A, et al, 1998）；另一项研究显示，磁场暴露能够延缓鲑鱼（*Salmo trutta*）和虹鳟（*O. mykiss*）的胚胎发育，并能改变虹鳟晶胚以及梭鱼（*Esox lucius*）和鲤（*Cyprinus carpio*）等的循环运动（Formicki, K. and Winnicki, A, 1998）。Krzemieniewski 等（2004）在一项实验室实验中发现，当欧洲鲈鱼（*Silurus glanis*）暴露于一个磁场强度持续为 0.4~0.6T 磁场中时，其生物量下降，死亡率升高，与之相反，幼体鳊鱼（*Plathichthys flesus*）在受到强度 3.7mT 静电磁场影响几个星期时并未受影响（Bochert, R et al., 2004）。



在 Westerberg 和 Lagenfelt 的一项未发表的研究中,对 60 尾正在洄游的银鳕进行超声波标记,并将之放流于奥兰岛和瑞典大陆之间的 132kV 交流电缆(AC)的北部。其洄游速度通过系泊监测接收浮筒在 4 个断面每 4km 的间隔进行检测。电缆从间隔中间横穿。通过校正水流引起的水平对流,可以发现鳕鱼的游速在有电缆的间隔中明显降低。虽然能够证实磁场对洄游具有影响,但这种影响是很小的,从这些间隔通过引起了平均约 30min 的延迟,根据调查结论,电缆不会影响其周围鱼类的洄游路线、总体分布和洄游形式。

## (2) 电磁环境影响评价结论

①风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下,电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。对于 66kV 的集群海底电缆,由于磁场在海域介质中的衰减特性,在离机群中心距离 1m 外,磁感应强度已降为  $1\mu\text{T}$  以下,对海洋生物的影响在可接受范围内。

②据实验室模拟实验,风电场电磁环境对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等受风电磁场影响在可接受范围内。

由于实验的时间、规模、经费等均有限,海洋生物对磁场的这种生理反应的持久性尚需要进一步评估。建议相关单位进一步开展此方向的研究,并在项目运营期进行海底电缆等电磁环境的跟踪监测。

## 4.3.6 对鸟类的影响

### (一) 施工期影响

海上风电场施工期间,大型船只和机械活动一方面会对鸟类造成干扰,使鸟类远离施工区域,减少鸟类活动范围,另一方面会影响海洋和底栖生物分布,从而影响鸟类的食物分布;施工产生的噪声会对在施工区及邻近区域觅食的鸟类产生影响,使该区域鸟类的数量减少、多样性降低;晚上施工的照明系统会干扰夜间迁徙的鸟类,吸引鸟类与工程设施相撞。施工噪声对鸟类的干扰在施工结束后,其影响可以消除。

### (二) 运营期影响

运营期鸟类环境的影响参考《阳江帆石海上风电场项目鸟类调查专题报告》(2022 年 6 月)的相关结论。建设项目在运行期会对鸟类造成多方面的影响,有直接的如碰撞、噪声等,也有间接的如破坏栖息地、减少食物资源等。按性质

分，主要有以下几个方面：

### (1) 对鸟类的直接影响

#### ① 风电机噪声影响

由于大多数鸟类对噪声具有较高的敏感性，在噪声环境条件下，大多数鸟类会选择回避，减少活动范围。文献研究显示鸟类在开阔范围对噪声的忍受阈值为47dB (Hirvonen, 2001)，因此每个风机因噪声而对鸟类的产生影响范围噪声衰减至47dB以下所需半径的圆形范围，该范围与视觉影响范围有重叠。受影响种类主要为在该区域活动的留鸟和中途停歇觅食的候鸟，如黑鸢、白腹海雕等猛禽，以及红嘴鸥、多种燕鸥等鸥形目鸟类。对飞行迁徙经过的候鸟因从高空经过时，与风电机的垂直距离超过200m（按飞行高度400m算），受到噪声影响较小。

此外，从风机噪声频率角度评价，噪声对主要依靠鸣声进行通讯的鸣禽影响较为严重 (Slabbekoorn and Ripmeester, 2008)，如吸引配偶、防卫领域、预警、乞食和求救、躲避天敌等。噪声干扰鸟类寻找觅食适合区和追赶猎物并辨别天敌位置的能力，使鸟类的捕食效率和生存力大大下降。在噪声环境中，鸟类可选用特定音节或鸣唱句型传递信息 (Kennedy et al, 2009)。当环境噪声水平提高时，声信号发出者改变频率和振幅，增大信噪比，降低噪声对声信号的干扰。近年的研究还发现，鸟类还会调节鸣唱时间避开噪声干扰 (Hardouin et al, 2008)。有研究表明风机噪声频率以低频噪声为主，一般风电场所采用的风机噪声峰值频率出现在1300~1600Hz。而鸟类鸣声频率主要分布在2~9kHz，环境噪声常会影响鸟类鸣声的低频部分。鸟类应对噪声频率干扰的主要方法是提高鸣唱最低频率和主频。一般地，当风速为8m/s时，兆瓦级以下的风电机组声功率级在98-104dB(A)之间，其噪声呈现明显的低频特性。随着风电机组输出功率的增大，其产生的噪声增大，并向更低频移动。

以菲尔德斯半岛黑背海鸥为例，幼海鸥“吱”声是由脉冲列与正弦调制波构成的连续波。波形重复频率变化很大，从0.12-3.3kHz，频率范围为200Hz-4.8kHz，分别在1.7、2.5和2.9kHz处出现谱峰；成体海鸥“咯”声波形具有明显的连续调制特征。波形重复周期约为0.5ms，谱峰在1.1、2和3kHz处，频率范围为1-4kHz；群体黑背海鸥“哦”和“哦啊”声系由多个波叠加而成的连续波，波形的周期变化较为复杂，谱峰分别出现在1.2、1.5、1.7和3kHz处，频率范围为1-

4kHz。可以看出海鸥鸣声主要频率高于风力发电机组的主要噪声频率。其他如白头鹮等鸣禽，其鸣声各音节的主频范围在 1.6-3.6kHz，也高于发电机组的主要噪声范围。

以上数据表明，风电场产生的低频噪声基本低于鸟类的最低频率鸣声，鸟类间的互相沟通及交流基本不会受风电场低频噪声的影响。结合本项目建设区域鸟类分布特征，经过风机所在海域的鸟类主要为非鸣禽类的水鸟，受噪音频率影响的可能性较雀形目鸣禽更低。

### ②光影响

日间风机叶片反射阳光可能会刺伤雀鸟的眼睛，使候鸟迷途，改变迁徙方向。而晚上风电场区域的照明是影响夜间迁徙鸟类安全的一个非常重要的因素，特别在遇上大雾、降雨、强逆风或无月的夜晚，鸟容易被光源吸引，向着光源飞行，这种趋光性极易造成鸟撞上光源附近的障碍物。北美 Virginia 西部山区风电场在 2003 年 5 月底某天大雾的夜晚发生 27 只夜间迁徙鸟死亡，变电站的钠蒸气灯是吸引鸟与风电机相撞的主要原因 (Kerlinger, 2003)，该风电场的鸟死亡情况的研究结果表明，夜间迁徙的鸟经常死于风电场内的灯下。目前有研究波长较长的光线，如红光和黄光不易吸引候鸟。因此，在工程区域可能受光影响的主要是夜间迁徙的鸟，需采取防护措施尽可能减少光对其产生的干扰。

### ③碰撞效应

本项目风机轮毂高度为 155m，风轮直径为 258m，叶片运行影响高度为 26~284m。虽然对于多数迁徙时飞行高度超过 400m 的种类无影响，但候鸟在迁徙中途停歇和觅食时，以及遇到不良气象条件时飞行高度一般都低于 100m。由于此时飞行高度较低，旋转着的巨大风电机叶轮将会阻止鸟类在风电场范围内飞行和停留。同时，风机叶片旋转的范围在离地面 26~284m 之间，是鸟类飞行通过风机的高风险区域，有被风机叶片撞击的危险。Tome et al (2017) 在葡萄牙 BSJ 风电场调查发现有近 3/4 的鸟类被记录到在风叶扫过的高度飞行，说明风机与飞行的鸟类碰撞风险很高 (图 4.3.6-1)。但也有研究成果表明，候鸟迁徙路线中的风电场年撞鸟概率约为 0.0015%~0.009%。该概率同迁徙候鸟迁徙的规模、气象条件、风电场选址关系很大 (Drewitt and Langston, 2006)。大规模的候鸟迁徙也意味着候鸟与风机和输电线路相撞的概率增加；在不良气象条件下，如大雾、

降雨或强逆风时，大气能见度降低，鸟类会降低飞行高度，从而增加相撞的概率；风电场选址是最显著影响鸟类死亡的因素，风电场占据的空间范围越大，迁徙鸟类撞击的概率也越大。而风电场内部风机的排布也可能对鸟类飞行产生影响。同时有研究发现鸟类在飞近风电场区域时，能够成功改变迁徙路线以避免塔柱和旋转的叶片，并且白天比夜晚更能精确地改变飞行方向。雷达对丹麦 Nysted 海上风电场鸟类迁徙监测说明，白天鸟类在 3000m 外，夜间鸟类在 1000m 外绕开风力发电场飞行，改变飞行方向（Desholm and Kahlert, 2005）。

根据本项目的鸟类现状调查，本风电场可能发生碰撞效应的受影响对象主要是夜行性、飞行高度在 20-300m 之间的种类，晨昏活动期间概率较高，迁徙期（3-5 月、9-10 月）在不良天气期间最易发生碰撞事故。

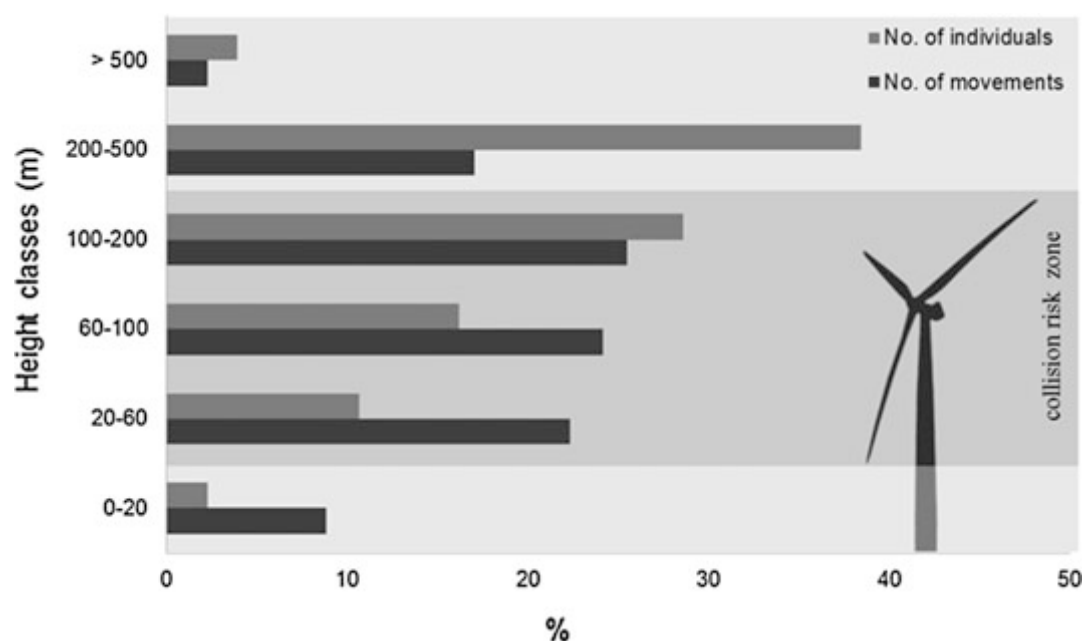


图 4.3.6-1 葡萄牙 BSJ 风电场鸟类飞行活动高度比例统计（2010-2014 年）

#### ④电磁辐射

研究表明，风机基群所产生的电磁环境影响效应不明显。在假设的理想条件即电缆金属护套完全接地情况下，电场将严格限制在每个电缆金属护套内部。由于磁场在海域介质中的衰减特性，66kV 的集群海底电缆在离机群中心距离 1m 外，磁感应强度已降在 1 $\mu$ T 以下。据该项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物等海洋生物的影响不明显，也不会对以海洋生物为食的鸟类产生影响。

#### (2) 对鸟类的间接影响

风电场因占用一定场地，对鸟类栖息地及其生态环境造成多方面的影响，会间接影响在此区域栖息的鸟类种群数量。

### ① 栖息地损失和破碎化

风电机直接占风电场的面积很小，大约 2%~5%，但风机可能会让候鸟不敢在附近海域降落生活，影响生活在当地和附近的海鸟繁殖、筑巢和觅食，导致这些海鸟不得不离开栖息地。丹麦的 Horns Rev 风力发电场建于沿海，对迁徙鸟类的行为观察发现，鸟类对风电场有避让行为 (Noer et al, 2000)，因此，如果场址选择在鸟类适宜栖息地内，将可能使鸟类失去整个风电场大的栖息地，这一点在近海湿地、内地草原修建的风电场十分突出。丹麦 Nysted 风力发电场建在沿海湿地，通过雷达监测鸟类的行为，风电场修建后，白天活动的雁鸭类进入风电场内原来适宜栖息地的次数显著减少 (Drewitt and Langston, 2006)。原来的栖息地不能再利用，这些鸟类完全丧失了这块栖息地，这一过程也是鸟类栖息地破碎化的过程。由于沿海湿地和岛屿位于候鸟迁徙通道上，风电建设会对候鸟迁徙形成一定阻隔，从而缩窄候鸟飞行通道，如 Plonczkier & Simms (2012) 通过四年雷达监测发现雁群逐渐避开离岸风力发电机组所在海域 (图 4.3.6-2)。Krijgsveld 等 (2011) 在对鸟类穿过风电场飞行路线研究中也发现，在风电场建成后该区域鸟类的通量较之于风电场建设之前明显下降。

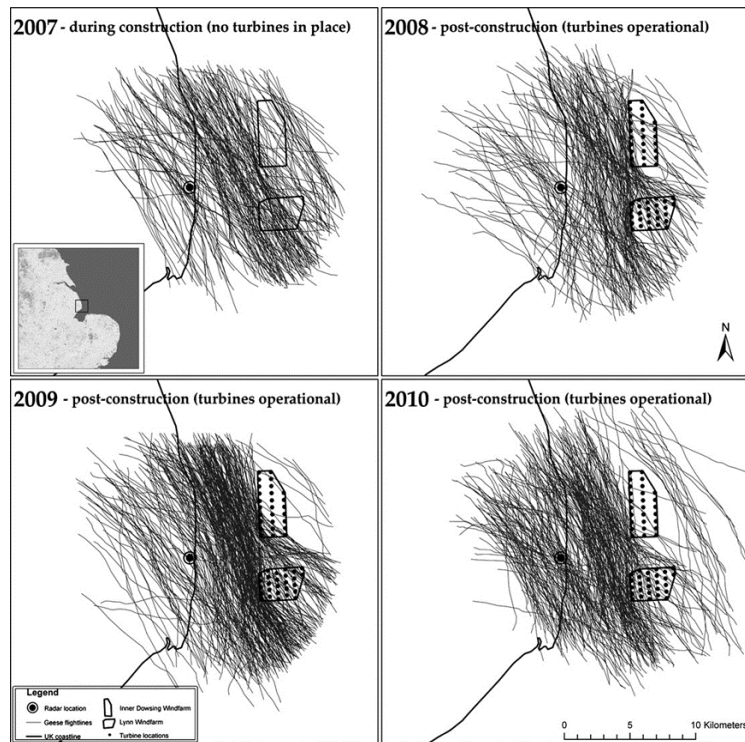


图 4.3.6-2 雷达监测雁群对风机组的回避情况 (引自 Plonczkier & Simms 2012)

## ②生境质量下降

风电场建立在适宜栖息地导致栖息地破碎化，更导致栖息地质量下降，风机的桩基和叶片的转动噪音将严重影响海洋生物的活动规律和分布，从而降低了以海洋生物为食的鸟类的栖息地质量。虽然鸟类可能对风电场习惯化，但是由于食物匮乏它们也可能永远放弃这些栖息地。风机叶片的旋转干扰，迫使鸟类避开原有之飞行路径，使得风机的排列很有可能产生栖息地切割的效应（Drewitt and Langston, 2006）。

综上所述，风电场对鸟类的影响是多方面的，各方面的作用是相互的，既有协同性的（如建设用地既造成栖息地损失，也引起食物资源的减少），也会互相抵消（如干扰会导致鸟类远离栖息地，但也减轻了碰撞风机的机会）。

### 4.3.7 生态跟踪监测指标合理影响范围

根据相关文件要求，海上风电等可能对资源生态造成影响的项目，应开展生态跟踪监测，生态跟踪监测具体要求见表 4.3.7-1。

表 4.3.7-1 海上风电用海项目生态跟踪监测具体要求一览表

	海洋生态	海水水质	沉积物质量	海洋生物质量	地形地貌与冲淤	电磁环境	水下噪声
监测站位	12 个	不少于 20 个	不少于 10 个	不少于 3 个	—	不少于 9 个	不少于 9 个
监测频次	每年代表性一季	每年代表性一季	每年代表性一季	每年代表性一季	—	每年代表性一季	每年代表性一季
监测内容	鸟类、叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵仔鱼）、底栖生物	水深、水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD <sub>5</sub> 、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐	粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、镍、汞、砷、镍、砷	总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃	以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例按照 1:5000；2km-15km 的海域，测量图比例尺按照 1:10000	工频电场、工频磁场	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级

#### (1) 浮游生物及初级生产力

项目施工过程中造成悬浮物浓度增加，对浮游生物及初级生产力有一定影响，

因此项目施工期间浮游生物量及初级生产力水平可能低于本底值,运营一段时间后浮游生物种群数量、群落结构会逐步恢复,浮游生物量及初级生产力水平与本底值相近。

### **(2) 底栖生物**

风电机组桩基将对其用海范围内的海域产生永久性的占用,在该范围内的底栖生物将全部被掩埋、覆盖而灭亡,同时还将长期占用该海域底栖生物的生存空间,导致一定区域范围内底栖生物资源的永久损失,这种对底栖生境的破坏是不可逆的。海底电缆敷设会对施工范围内的底栖生物栖息环境造成直接破坏,进而引起底栖生物损失,除少量活动能力强的生物能够存活外,绝大部分种类诸如贝类、多毛类、线虫类等都将难以存活。因此,项目建设期间及建设后底栖生物量可能低于本底值。

### **(3) 地形地貌与冲淤**

风电场塔基建成后,破坏了原来的水流平衡,水流在墩柱周围形成马蹄形漩涡区,不断地进行横向、竖向和前后摆动,剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙,形成局部冲刷坑。整体冲淤情况来看,桩基局部为冲刷,冲刷出来的泥沙落淤到桩基上下游,冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区,桩基的最大可能冲刷深度和冲刷直径分别为 2.65m 和 15.9m,风电场工程后最大淤积幅度为 0.15m/a,风电场外冲淤基本不受本工程的影响。

### **(4) 电磁环境**

项目施工期间对电磁环境基本无影响,工频电场、工频磁场与本底值相近。

项目营运期的电场强度及最大磁感应强度应满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014)中 4kV/m 和 0.1mT 的限值要求。

### **(5) 水下噪声**

结合本风电场区内海底地貌形态简单,水下地形较平坦,本项目导管架基础打桩源强约为 220dB。

营运期总体由于风机噪声而引起的强度变化不大,基本上与海域其它点测量到的背景噪声相近。

### **(6) 海水水质**

项目施工作业过程中,由于机械的搅动作用,使得泥沙悬浮,造成水体混浊

水质下降,并使得周边海区底栖生物生存环境遭到破坏,对浮游生物也产生影响,主要污染物为SS。一旦施工结束,影响即可消除。

项目营运期间对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等,检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中,维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此,项目营运期间基本不会对所在海域水质环境造成影响。

### (7) 沉积物质量

由于工程施工过程产生的悬浮物主要来自本海区,因此经扩散和沉降后,沉积物的环境质量不会产生明显变化,沉积物质量状况仍将保持现有水平。

本工程营运期对沉积物环境的不利影响主要来自风机基础防腐措施中用到的牺牲阳极装置中的重金属污染物释放。本工程采用高效铝合金牺牲阳极,其主要成分为Al、Zn、In,溶解后将随海水扩散进入大范围的海水中,部分沉积于桩基附近沉积物中。由于风电场区地处开阔海域,溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散,沉积于底层沉积物的量很少。沉积物质量应与本底值相近。

### (8) 海洋生物质量

本工程施工船舶均设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集处理装置,生活污水和船舶含油污水均收集贮存于船上,定期运回陆地交具有处理能力的单位接收后统一处理;营运期间对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油、废油等,检修工作人员需按照相应要求将废油储存在专设的废油箱中,维护结束后送交有处理能力的单位进行妥善处置。因此,项目施工期间及营运期间基本不会对所在海域海洋生物质量造成影响。海洋生物质量应与本底值相近。

项目跟踪监测指标在施工期和营运期的合理变化范围详见下表,合理变化范围根据本报告引用的春秋现状调查数据确定。

表 4.3.7-2 海上风电项目生态跟踪监测指标合理范围表

监测内容	监测指标	单个站位合理变化范围		
		建设期	营运期	
海洋生态	叶绿素a(mg/m <sup>3</sup> )	表层	<6.88	0.26~6.88
		10m水层	<3.96	0.23~3.96
		50m水层	<0.32	0.25~0.32
		底层	<2.83	0.17~2.83
	初级生产力含量 mgC/(m <sup>2</sup> ·d)	<2620.266	140.93~2620.266	



	浮游植物细胞密度	$\times 10^3 \text{ind/m}^3$	<13803.664	5.033~13803.664
	浮游植物种数		<65	17~65
	浮游动物个体密度	$\text{ind/m}^3$	<18431.817	109.746~18431.817
	浮游动物生物量	$\text{mg/m}^3$	<9159.091	63.180~9159.091
	浮游动物种数		<35	13~35
	底栖生物生物量	$\text{g/m}^2$	<190.525	<190.525
	底栖生物栖息密度	$\text{ind/m}^2$	<110.000	<110.000
地形地貌与冲淤		水深	45~49m	淤积<0.15m/a 冲刷<15.9m
电磁环境	工频电场	V/m	0.07~0.27	<4000
	工频磁场	mT	0.0000067~0.0000126	<0.1
水下噪声	噪声频带有效声压级	dB	<220	85-128
	噪声声压谱级	dB (20Hz-20kHz 频率范围内)	>48	48-120
海水水质	水温	$^{\circ}\text{C}$	22.0~25.3	22.0~25.3
	盐度		28.243~34.754	28.243~34.754
	pH		7.61~8.30	7.61~8.30
	悬浮物	$\text{mg/L}$	>18.0	0.7~18.0
	COD	$\text{mg/L}$	0.15~2.56	0.15~2.56
	BOD <sub>5</sub>	$\text{mg/L}$	0.15~0.74	0.15~0.74
	DO	$\text{mg/L}$	<7.88	6.03~7.88
	无机氮	$\text{mg/L}$	0.0270~0.277	0.0270~0.277
	活性磷酸盐	$\text{mg/L}$	0.0006L~0.0229	0.0006L~0.0229
	石油类	$\text{mg/L}$	0.0035L~0.0357	0.0035L~0.0357
	总汞	$\mu\text{g/L}$	0.007L~0.039	0.007L~0.039
	铜	$\mu\text{g/L}$	0.3~4.8	0.3~4.8
	铅	$\mu\text{g/L}$	0.03L~0.99	0.03L~0.99
	锌	$\text{mg/L}$	0.0031L~0.0191	0.0031L~0.0191
	铬	$\mu\text{g/L}$	0.4L~5.4	0.4L~5.4
	镉	$\mu\text{g/L}$	0.04~0.94	0.04~0.94
	砷	$\mu\text{g/L}$	0.9~7.6	0.9~7.6
	硒	$\text{mg/L}$	0.2L~0.6	0.2L~0.6
	镍	$\text{mg/L}$	0.5L~1.7	0.5L~1.7
	挥发性酚	$\mu\text{g/L}$	1.1L~2.8	1.1L~2.8
沉积物质量	粒度		2.66~5.34	2.66~5.34
	有机碳	%	0.18~0.58	0.18~0.58
	pH		8.24~8.42	7.58~8.31
	石油类	$\times 10^{-6}$	3.2~12.4	3.2~12.4
	硫化物	$\times 10^{-6}$	0.5~16.5	0.5~16.5
	铜	$\times 10^{-6}$	18.4~32.5	18.4~32.5
	铅	$\times 10^{-6}$	9.5~30.6	9.5~30.6
	锌	$\times 10^{-6}$	59.1~94.1	59.1~94.1
镉	$\times 10^{-6}$	0.04L~0.13	0.04L~0.13	

	铬	$\times 10^{-6}$	43~76.7	43~76.7
	汞	$\times 10^{-6}$	0.019~0.069	0.019~0.069
	砷	$\times 10^{-6}$	3.8~13.7	3.8~13.7
海洋生物质量	铜	mg/kg	0.4L~14.9	0.4L~14.9
	铅	mg/kg	0.04L~0.10	0.04L~0.10
	锌	mg/kg	3.2~35.1	3.2~35.1
	镉	mg/kg	0.005L~0.562	0.005L~0.562
	铬	mg/kg	0.14~0.61	0.14~0.61
	汞	mg/kg	0.003~0.121	0.003~0.121
	砷	mg/kg	0.2L~14	0.2L~14
	石油烃	mg/kg	3.0~13.5	3.0~13.5

## 5 海域开发利用协调分析

### 5.1 海域开发利用现状

#### 5.1.1 社会经济概况

##### 5.1.1.1 江门市社会经济概况

根据《2022年江门市国民经济和社会发展统计公报》（江门市统计局、国家统计局江门调查队，2023年5月6日），根据广东省地区生产总值统一核算结果，2022年江门实现地区生产总值（初步核算数）3773.41亿元，比上年增长3.3%。其中，第一产业增加值324.61亿元，增长7.0%；第二产业增加值1723.64亿元，增长4.6%；第三产业增加值1725.16亿元，增长1.3%。三次产业结构比重为8.6:45.7:45.7，第二产业比重提高0.6个百分点，创2018年以来新高。人均地区生产总值78146元（按年平均汇率折算为11618美元），增长3.1%。

2022年末，全市常住人口482.22万人，其中城镇常住人口327.19万人，占常住人口比重（常住人口城镇化率）67.85%，比上年末提高0.01个百分点。年末公安户籍人口403.41万人。全年出生人口2.99万人，出生率为7.42‰；死亡人口3.11万人，死亡率为7.71‰。

全年居民消费价格比上年上涨2.2%。分类别看，食品烟酒类价格上涨1.2%，衣着类价格上涨2.0%，居住类价格上涨1.4%，生活用品及服务类价格上涨1.8%，交通通信类价格上涨6.0%，教育文化娱乐类价格上涨1.5%，医疗保健类价格上涨1.8%，其他用品及服务类价格上涨2.0%。工业生产者出厂价格上涨2.8%，其中轻工业上涨2.9%，重工业上涨2.6%。商品零售价格上涨3.8%。

全年城镇新增就业45112人，失业人员再就业28917人，就业困难人员实现就业2230人。促进创业人数6850人。

年末市场主体69.47万户，其中“四上”企业5726家。年末实有私营企业9.50万户，注册资金3504.10亿元，分别比上年增长7.5%、16.4%；个体工商户57.97万户，注册资金571.94亿元，分别增长7.7%、84.4%。

全年税收总收入397.62亿元，比上年下降22.1%。其中，工业收入200.53亿元，下降19.4%；房地产业收入51.75亿元，下降42.6%；批发零售业收入46.91

亿元，增长 16.5%；金融业收入 27.67 亿元，下降 8.0%；租赁和商务服务业收入 9.54 亿元，下降 23.1%。

全年地方一般公共预算收入 263.00 亿元，剔除留抵退税因素后同比增长 0.2%（以下简称同口径）。其中，税收收入 139.85 亿元，同口径下降 10.8%。全年地方一般公共预算支出 453.58 亿元，比上年下降 1.5%。其中，教育支出 90.23 亿元，增长 0.6%；社会保障和就业支出 84.99 亿元，增长 3.7%；卫生健康支出 52.44 亿元，增长 0.5%。



图 5.1.1-1 2018-2022 年地区生产总值及其增长速度

### 5.1.1.2 海洋产业发展现状

近年来，江门市海洋产业结构持续优化，基本形成了以滨海旅游业、海洋生物医药业、海洋电力、海洋渔业、海洋化工、海工装备、海洋船舶等构成的海洋产业体系。以滨海能源、海工装备、海洋船舶、纸业制造为主导的临港制造业发展良好，其中大广海湾已成为国家重大合作发展平台，银湖湾滨海新区建设加速推进，为粤港澳大湾区（珠西）高端产业集聚发展区建设奠定了坚实基础。

滨海旅游业是江门市海洋经济的重要增长极。近年来，江门市深挖侨乡海洋历史文化内涵，全力构建“海洋+侨乡”全域旅游发展格局，台山市成功创建国家级全域旅游示范区，开平碉楼文化旅游区被确立为国家 5A 级旅游景区。

江门市海产资源丰富，海水养殖业广布沿海，培育了南美白对虾、花蟹、青口等一大批名优特色水产品 and 台山鳗鱼、台山蚝、台山青蟹等地理标志产品，还建成了全国最大的鳗鱼养殖、出口基地。镇海湾一带是大湾区内最主要的鲜活水

产品供应基地。

在基础设施方面，黄茅海跨海通道施工进展顺利，项目建成后将构筑起港澳地区连通珠海、直达江门、辐射粤西乃至大西南地区的主要高速通道。珠西综合交通枢纽江门站已建成运营；深中通道中开高速江门段实现部分通车；深茂铁路深江段、珠江肇高铁江肇段、银洲湖高速等重大交通项目正抓紧建设。在港口开发方面，位于西江黄金水道出海口的银洲湖区域已形成沿岸港口群，天马港二期已经正式开放，崖门出海航道二期已开工建设。此外，江门高新区公共码头（首期）项目已开港。该码头最终建成后将有 11 个 3000 吨级多用途泊位，成为珠三角最大规模的内河港口。在广海湾片区，已建成 1 个 10 万吨级码头和 2 个 5 万吨级码头，万吨级作业区码头正在建设中。

“十四五”期间，江门市将从全域旅游和全产业链旅游理念出发，加强海陆旅游资源的融合，打造陆海相接的精品旅游线路，并以生态化、休闲和健康为导向，打造粤港澳大湾区高端滨海旅游目的地和国际海岛旅游集聚区。

### 5.1.2 海域使用现状

经过管理部门调访、海域使用动态监管系统查询，本项目风电场所在及周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、习惯航路。项目所在海域开发利用现状详见表 5.1.2-1 和图 5.1.2-1。本项目不占用岸线。

表 5.1.2-1 项目所在海域开发利用现状表

序号	名称	与本项目相对位置和最近距离
<b>海上风电项目</b>		
1	中节能阳江南鹏岛海上风电项目	西北侧，约 25.0km
2	中广核阳江南鹏岛海上风电项目	西北侧，26.0km
3	中广核阳江帆石一海上风电项目（拟调整）	西侧，约 1.0km
4	中广核阳江帆石二海上风电项目（拟申请）	西侧，0.3km
5	国能江门川岛二海上风电项目（拟申请）	北侧，紧邻
6	华能阳江三山岛一海上风电项目（拟申请）	西南侧，27.2km
7	华能阳江三山岛二海上风电项目（拟申请）	西南侧，17.6km
8	中广核阳江三山岛五海上风电项目（拟申请）	西侧，15.3km
<b>习惯航路</b>		
9	粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道	北侧，7.6km
10	广东沿海内航路	北侧，25.1km
11	广东沿海外航路	南侧，19.3km

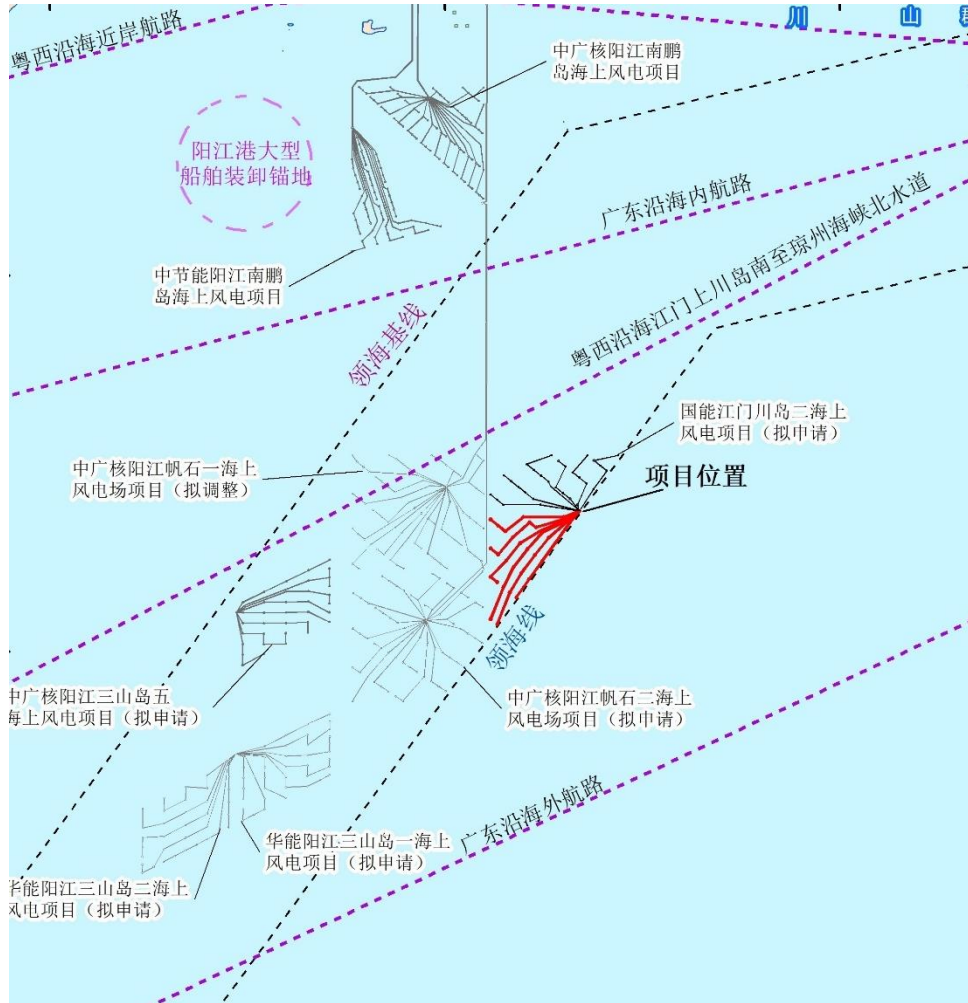


图 5.1.2-1 项目周边开发利用现状图

### 5.1.3 海域使用权属

根据本项目周边海域使用权属状况的资料收集情况及调访结果，本项目论证范围内海域已确权的项目为中广核阳江帆石一海上风电场项目，目前正在申请用海调整。

本项目申请用海范围与周边其他用海活动均无权属重叠。项目所在海域权属现状见表 5.1.3-1 和图 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 项目论证范围内海域权属一览表

项目名称	使用人	证书编号	用海类型	用海方式	宗海面积	起始日期	终止日期
中广核阳江帆石一海上风电	略	略	电力工业用海	透水构筑物、海底电缆管道	667.0267	2022/08/04	2049/08/03

项目名称	使用权人	证书编号	用海类型	用海方式	宗海面积	起始日期	终止日期
场项目							

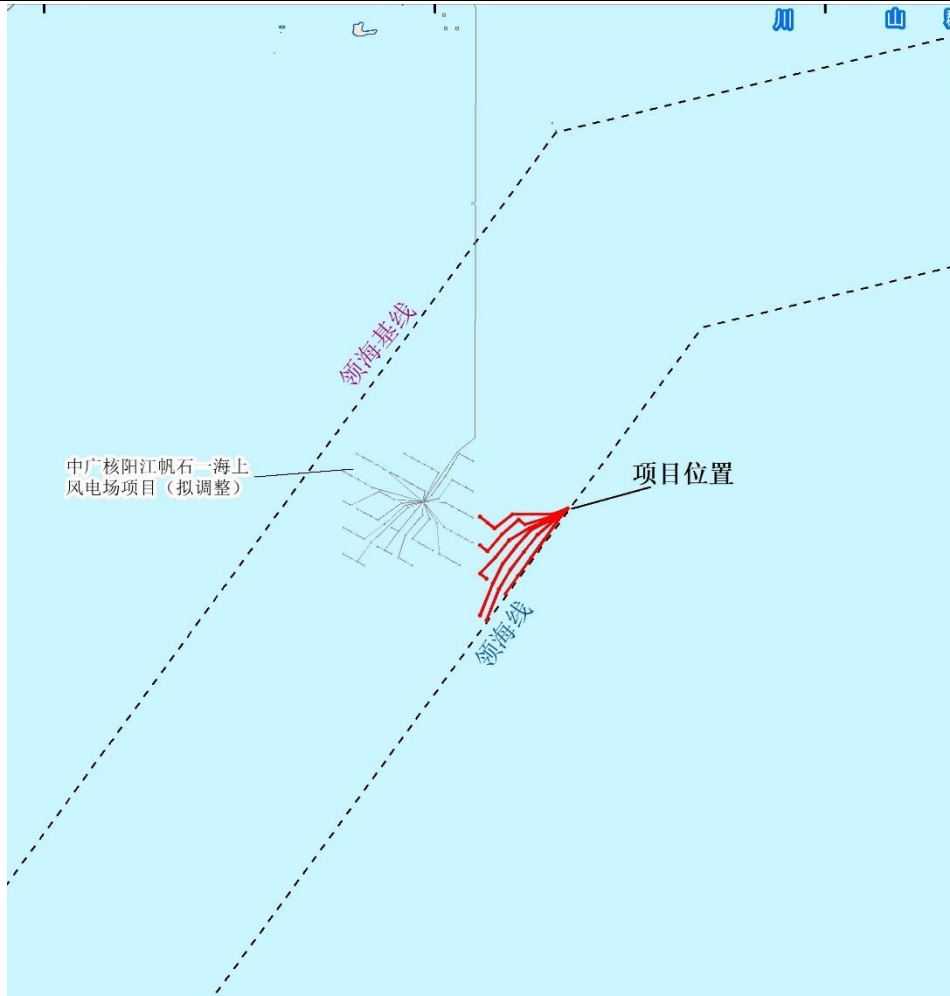


图 5.1.3-1 项目论证范围内权属现状图

## 5.2 项目用海对海域开发活动的影响

根据 5.1.2 节开发利用现状的分析，本项目风电场所及在周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、习惯航路等，项目大于 10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图见图 5.2-1。

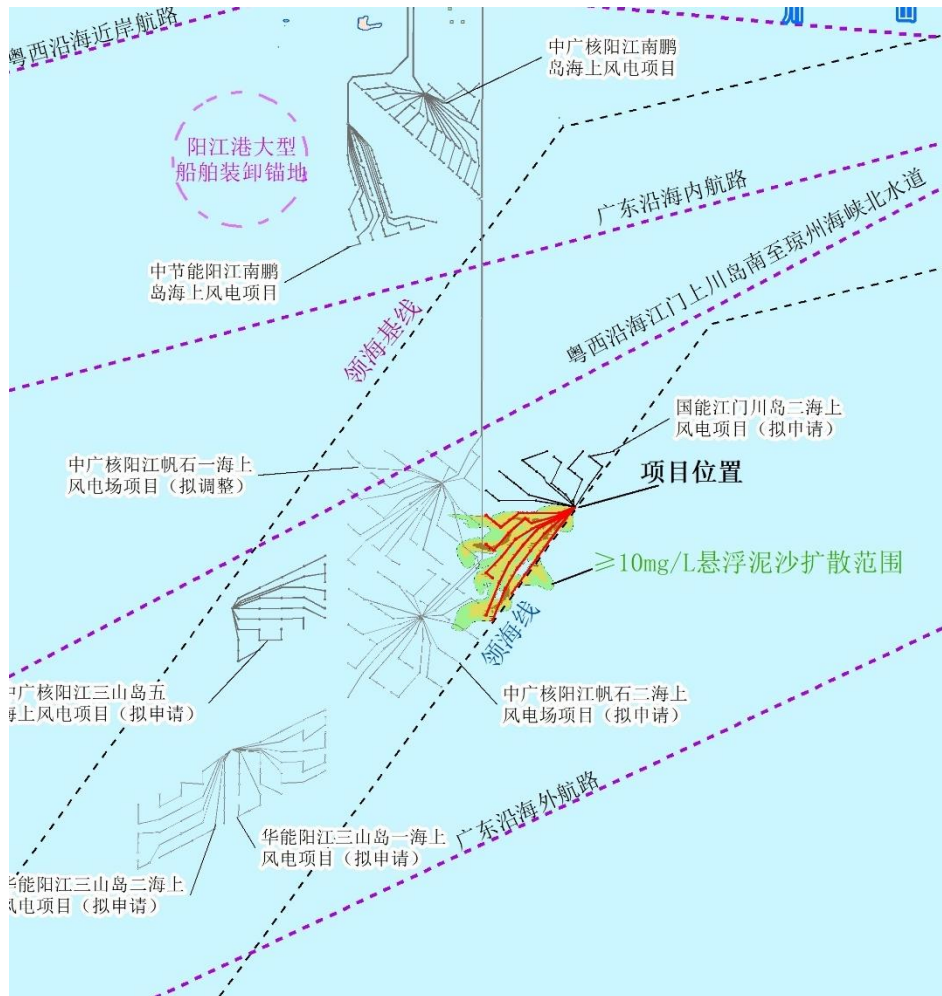


图 5.2-1 大于 10mg/L 悬沙增量包络线（底层）与周边开发利用活动叠置图

结合项目建设和运营情况，项目用海对海域开发活动影响分析如下：

### 5.2.1 对航路的影响分析

本项目风电场附近航路主要有粤西沿海江门上川岛南至琼州海峡北水道（北侧，7.6km）、广东沿海内航路（北侧，25.1km）和广东沿海外航路（南侧，19.3km）。根据项目风机平面布置，风机布置方向与航路的走向大致平行。根据《海上风电场选址通航安全分析技术指南》（2021 年修订版），风电场与航路的距离不宜小于 2 海里，本项目风电场距离周边航路均在 2 海里以上，对附近航路船舶的正常航行有一定的影响，通过采取优化和通过相应的安全保障等措施，其影响可控。

项目海底电缆铺设埋入海床底 3m，在穿越航路区域埋深应不小于 4m，根据船舶紧急抛锚入土深度分析，该埋底深度基本合理，能够满足规范的要求。风电场所在海域内存在较多的船舶（渔船）活动，工程设计阶段需对加强对该项目（包括风电场、海底电缆）的导助航标志、警示标志的设计工作，导助航标志的设置



应与工程建设“三同时”，避免附近船舶误入工程海域范围，保证附近海域船舶通航安全和工程自身安全。

工程海域受自然条件、通航环境、港口环境的通航风险平均总体为较低，通过采取相应的安全保障措施，工程海域船舶通航安全风险总体可控。

综上，通过工程建设方案的合理性、可行性分析，风电场的建设对所在海域的通航环境和通航安全有一定的影响，在落实各项安全保障和维护措施后，其不利影响和风险将会得到相当程度的缓解。从船舶通航环境和通航安全角度考虑，本项目对附近海域通航环境和通航安全的影响是可控的。

### 5.2.2 对海上风电场项目的影响分析

国能江门川岛二海上风电项目位于本项目北侧，与本项目合建海上升压站；中广核阳江帆石一海上风电场项目位于本项目西侧 1.0km 处；中广核阳江帆石二海上风电场项目位于本项目西侧 0.3km 处，其余风电场项目均位于本项目 15km 以外。

本项目对周边风电场的影响主要是施工期间的影晌。由于各风电场项目场址处于同一片海域，施工周期长，难免存在同时施工、相互影响的可能。若多个风电场同时施工，施工船只频繁出入，必将会加大附近的通航密度，造成一定的通航安全风险。建设单位应该建立安全有效的联系机制，施工前应 与海事主管部门进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。另外，如果本项目建设晚于上述项目，后期施工船只航行的区域可能有其他风电场已建好的海底电缆设施和构筑物，若操作不慎或意外事故有可能破坏海底电缆。但由于海缆敷设在过航道段会加大埋深，并采取一定的保护措施降低船只航行、抛锚对海底电缆的损坏；风电场建成后会在适当位置设置相应的航标灯及警示标志，并将海底电缆具体位置、走向、埋深以及风电场位置海域范围等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，申请发布航行通（警）告，其他船只会采取相应的避让措施；加上项目建设海域宽阔，本项目施工船只通航时有较大空间进行避让。因此，本项目施工破坏其他海上风电场项目的构筑物和海缆的可能性不大。

本项目与周边海上风电场项目场址间均有一定距离，且由同一设计单位进行设计，机位布置时已考虑与周边风电项目机位间的相互影响，将彼此之间的尾流影响降至最低，因此项目运营期间对周边风电项目基本无影响。

### 5.2.3 对渔业活动的影响分析

根据水质影响预测结果分析,本项目施工过程中悬沙扩散范围主要集中在风电场附近海域,工程施工导致的悬沙底层浓度超一、二类水质包络面积为 67.550km<sup>2</sup>,超三、四类水质包络线面积分别为 2.237km<sup>2</sup>、0.449km<sup>2</sup>,对周边渔业生产活动会造成一定影响。项目所在海域渔业生产活动较少,但仍可能存在捕捞渔船,风电场建设过程中,施工船只作业会增加附近海域的通航密度,风电场建设完成后,将禁止任何船舶进入风电场场区,出海渔船必须避开风电场场区,因此风电场的建设对渔船通航、作业都会造成一定的影响。但风电场外围水域对渔船而言,可航水域开阔,满足其通航安全要求。

项目施工期产生的悬浮泥沙、桩基和海缆占用生境等,会对渔业资源造成一定的损失,项目施工尽可能的避开渔业敏感季节(如产卵期);项目运营期风电场场址和海缆保护范围内禁止渔业底拖捕捞、张网、养殖作业等,也会造成在该海域从事渔业捕捞生产的渔民的捕捞空间减少,导致捕捞渔民的收入降低。

## 5.3 利益相关者界定

利益相关者指受到项目用海影响而产生直接利益关系的单位和个人。界定的利益相关者应该是与用海项目存在利害关系的个人、企事业单位或其他组织或团体。根据本报告 5.2 节项目建设对周边开发活动的影响分析,本项目北侧紧邻国能江门川岛二海上风电项目,风电机组发出电能通过 6 回 66kV 集电海底电缆接入东北侧与该项目合建的海上升压站,共同送出。两个项目之间可能同期施工建设,施工船只频繁出入,必将会加大附近的通航密度,造成一定的通航安全风险,因此,界定本项目利益相关者为 ,详见表 5.3-1 及图 5.3-1。

表 5.3-1 利益相关者一览表(略)

图 5.3-1 利益相关者分布图(略)

## 5.4 需协调部门界定

项目建设过程中,施工船只作业会增加附近海域的通航密度,对所在海域通航环境造成一定的影响。

项目施工期产生的悬浮泥沙、桩基和海缆占用生境等，会对渔业资源造成一定的损失；项目运营期海缆保护范围内禁止渔业底拖捕捞、张网、养殖作业等，也会造成在该海域从事渔业捕捞生产的渔民的捕捞空间减少，导致捕捞渔民的收入降低。

综上，界定本项目协调责任部门为渔业主管部门和海事主管部门，详见表 5.4-1。

表 5.4-1 协调责任部门一览表

序号	用海活动	协调责任部门	可能影响因素
1	通航	海事主管部门	施工船舶进出作业增大海域通航密度
2	渔业生产活动	渔业主管部门	悬沙扩散、占用生境、捕捞空间

## 5.5 相关利益协调分析

### 5.5.1 与 [ ] 的协调分析

建议本项目建设单位和 [ ] 进行充分沟通，并在风电场场址周边设置安全警示标志；在施工期间及时协调，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，以确保双方项目施工安全和顺利推进。

### 5.5.2 与海事主管部门的协调分析

项目建设过程中将会有较多的施工船舶参与，工程海域的船舶流量会有所增加，对周边航行的过往船舶影响较大；项目的建设也改变了原有的海域条件，必须采取相应的安全措施保障附近海域的船舶通航安全。

建设单位应该建立安全有效的联系机制，施工前应 与海事主管部门进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全。建设单位经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知海事主管部门，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向海事主管机关报告；工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。

### 5.5.3 与渔业主管部门的协调分析

为提醒渔船注意，避免渔船进入项目施工区域，建设单位应在施工区域外围设置航标灯，引导过往船舶航行，避免渔船误入施工区域，在近海面塔桶上采用红色灯警示色，避免渔船碰撞引发事故。此外，风电场的海缆工程应重视埋深和保护工作。

本项目的建设将造成海洋生物资源损失，本项目建设单位应采取措施，实施生态保护修复，开展以增殖放流为主的生态保护修复措施，建设单位应与当地渔业主管部门充分沟通协调，明确增殖放流实施地点、实施计划、投放苗种等，在当地渔业主管部门的协调下有序开展。

表 5.5-1 利益协调情况一览表

序号	用海活动	利益相关者/ 协调责任部门	协调内容
1			进行充分沟通，并在风电场场址周边设置安全警示标志； 在施工期间及时协调，合理安排施工区域和时间，防止船舶过于密集，严格控制施工船舶的活动范围，以确保双方项目施工安全和顺利推进。
2	通航	海事主管部门	建立安全有效的联系机制，施工前应 与海事主管部门进行充分沟通协调，做好船舶的进出安排，确保船舶的通航安全； 经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况，应及时通知海事主管部门，申请发布相应的航行警告； 发现存在安全隐患时及时处理，并向海事主管机关报告； 工程建成后应将项目位置海域范围具体位置等报请海事局等部门及时更新航海图书资料，发布相应《航海通告》。
3	渔业生产活动	渔业主管部门	采取措施，实施生态保护修复，开展以增殖放流为主的生态保护修复措施。

## 5.6 项目用海与国防安全 和国家海洋权益的协调性分析

### 5.6.1 对国防安全和军事活动的影响分析

项目所在海域及附近海域可能存在国防设施，工程建设、生产经营可能会对国防产生影响，建议业主取得军方的书面协调意见后方可施工建设，以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。

## 5.6.2 对国家海洋权益的影响分析

海域是国家的资源，任何方式的使用都必须尊重国家的权力和维护国家的利益，遵守维护国家权益的有关规则，防止在海域使用中有损于国家海洋资源，破坏生态环境的行为。

本工程不存在损害国家权益的问题，项目实施不会涉及领海基点，也不会涉及国家机密，对国家海洋权益没有影响。海域属国家所有，单位和个人经营性使用海域，必须按规定交纳海域使用金。本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不损害国家权益。

## 6 国土空间规划符合性分析

### 6.1 项目用海与国土空间规划符合性分析

#### 6.1.1 所在海域国土空间规划分区基本情况

##### 6.1.1.1 《全国国土规划纲要（2016-2030年）》

2017年1月3日，国务院关于印发《全国国土规划纲要（2016-2030年）》的通知，规划纲要指出：积极应对国土开发面临的新机遇与新挑战，围绕实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴中国梦，针对国土开发中存在的突出问题，加强顶层设计和统筹谋划，科学确定国土开发、保护与整治的指导思想、基本原则和主要目标。

坚持陆域开发与海域利用相统筹。在促进陆域国土纵深开发的同时，**充分发挥海洋国土作为经济空间、战略通道、资源基地、安全屏障的重要作用**，扩大内陆地区分享海洋经济发展效益的范围，加强陆地与海洋在发展定位、产业布局、资源开发、环境保护和防灾减灾等方面的协同共治，**构建良性互动的陆海统筹开发格局，提高海洋资源开发能力，加快建设海洋强国。**

海洋开发保护水平显著提高，建设海洋强国目标基本实现。到2020年，海洋经济发展空间不断拓展，海洋产业布局更为合理，对沿海地区经济的辐射带动能力进一步增强，海洋生产总值占国内生产总值比例达到9.5%；到2030年，海洋开发、控制、综合管理能力全面提升，海洋经济不断壮大，海洋生态环境质量持续改善，海上突发事件应急处置能力显著增强，国家海洋权益得到切实维护，海洋生产总值占国内生产总值比例力争达到14%。

以发展海洋经济和推进沿海沿边开发开放为依托促进国土全方位开放。推进沿海沿边开放，形成优势互补、分工协作、均衡协调的区域开放格局。鼓励东部沿海地区全面参与国际分工，主动融入经济全球化。深入推进沿边地区开发开放，加快边境中心城市、口岸城市建设，加强基础设施与周边国家互联互通，发展面向周边的特色产业群和产业基地，形成具有独特地缘优势的开发开放格局。**统筹推进海岸带和海岛开发建设、近海与远海开发利用，增强海洋开发能力，优化海洋产业结构，提高海洋经济增长对国民经济的支撑水平。**

构建海洋生态安全格局。统筹海洋生态保护与开发利用，逐步建立类型全面、布局合理、功能完善的保护区体系，严格限制保护区内干扰保护对象的用海活动，恢复和改善海洋生态环境，强化以沿海红树林、珊瑚礁、海草床、湿地等为主体的沿海生态带建设，保护海洋生物多样性。依法禁止在重点海湾等区域实施围填海作业。严格控制开发利用海岸线，加强自然岸线保护，到 2030 年自然岸线保有率不低于 35%。

发挥重点地区的引领带动作用。推进国家级新区、国家级综合配套改革试验区、重点开发开放试验区等各类重点功能平台建设，促进各类功能区有序发展。鼓励东部沿海地区主动融入经济全球化和区域一体化，全面参与国际分工与合作。加快推进上海、广东、天津、福建等自由贸易试验区建设。**加强陆海统筹，着力培育一批新的海洋经济增长极，推动形成我国北部、东部、南部三个海洋经济圈。**在中西部地区，培育长江中游、成渝等经济基础良好、资源环境承载力强、发展潜力较大的地区成为新的经济增长极。鼓励改革试验区创新发展，加快开发开放步伐，积累创新实践经验，为统筹城乡区域协调发展和优化国土空间开发格局提供经验示范。

提高能源开发利用水平。在保护生态的前提下，有序稳妥开发水电，安全发展核电，**高效发展风电**，扩大利用太阳能，有序开发生物质能。实施新能源集成利用示范工程，因地制宜推进新型太阳能光伏和光热发电、生物质气化、生物燃料、**海洋能等可再生能源发展**，大幅提高非化石能源占能源消费总量的比例。

### **6.1.1.2 《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》**

根据《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》（以下简称《规划》），《规划》以当好“两个重要窗口”为主题，以“在全面建设社会主义现代化国家新征程中走在全国前列、创造新的辉煌”为总要求，坚持“高水平保护、高质量发展、高品质生活、高效能治理”的规划理念，提出面向未来广东国土空间开发保护的基本思路。

发展愿景和总体定位。以“世界窗口、活力广东、诗画岭南、宜居家园”为发展愿景，着力把广东建设成为“中国特色社会主义先行区、高质量发展的引领区、美丽中国建设的示范区、开放包容智慧的宜居家园”。

国土空间开发保护目标。积极推进国土空间保护、开发、利用和修复，到 2035

年，全面建成安全、繁荣、和谐、美丽的高品质国土。更可持续、更具韧性的安全国土-国土生态安全格局全面夯实，耕地质量提升和布局优化，综合防灾减灾和应急体系全面建成，粮食安全、**能源安全**、水安全、军事安全保障更加有力，应对气候变化和抵御自然灾害的能力显著增强，形成全天候、系统性、现代化的国土安全保障体系。更加集约、高效、开放的繁荣国土-自然资源利用效率和水平显著提升，集约、紧凑、高效的城镇化空间格局全面形成，高质量的现代化产业空间得到充分保障，**海洋资源开发能力持续增强，陆海统筹、内外联动的开放型国土开发格局更加优化**，国际竞争力显著增强，高质量发展成为全国典范。

《规划》以“三区三线”为基础构建国土空间开发保护总体格局。立足资源环境承载能力，发挥各地区比较优势，统筹划定落实“三区三线”，深入实施主体功能区战略，优化资源要素配置与生产力空间布局，加快形成开发与保护相协调的国土空间开发保护新格局，有力支撑“一核一带一区”区域发展格局。

打造开放活力的海洋空间，充分发挥海洋作为高质量发展的战略要地作用，陆海统筹推进海洋空间保护与利用，加强海岸带综合管理，维护绿色安全海洋生态，打造现代化沿海经济带，全面建设海洋强省。支持培育现代化海洋产业集群。推进海洋优势产业集中集约布局，拓展新兴产业后备发展空间，强化潜力产业基础空间保障，重点支持打造海洋油气化工、海洋旅游、**海洋清洁能源**、船舶与海洋工程装备、海洋生物等五个千亿级以上海洋产业集群，统筹推进现代海洋产业集聚区、沿海产业园区建设。加强产学研基地、海洋科技创新平台、跨区域海洋创新创业等涉海自主研发平台建设，大力推进科技兴海产业示范基地、国家海洋高技术产业基地、海洋经济发展试点示范建设，鼓励珠三角海洋科技创新企业在粤东和粤西地区建设海洋高技术成果高效转化基地和产业基地，打造海洋产业高质量发展典范。

建设世界先进制造业高地。以“一核一带一区”为引领，优化全省产业空间布局。①珠三角核心区突出创新驱动、示范带动，积极培育发展十大战略性支柱产业和十大战略性新兴产业集群，重点建设广深港、广珠澳科技创新走廊和环珠江口现代服务业集聚区，推进产业发展组团和产业重大平台建设，优化形成“走廊+组团+平台”的网络化产业协同布局模式。②**沿海经济带**突出陆海统筹、港产联动，以港口和临港经济区、临港新城为载体，做大做强临港临海产业集群，加



快建设大型产业集聚区，打造世界级沿海产业带。③北部生态发展区突出生态优先、绿色发展，“据点式”布局现代农业产业园和特色工业园区，着力建设以生态农业、绿色工业、生态旅游为主体的生态产业体系，因地制宜发展绿色低碳、环境友好型产业。

**科学有序推进近海风电场开发建设，积极探索深远海风电开发**，支持珠三角海上风电研发服务基地、粤东千万千瓦级海上风电基地、粤西千万千瓦级海上风电基地等基地建设，**优化海上风电选址，打造世界级风电产业基地**。优近用远完善用海布局。统筹各类用海布局，优先保障国防安全、航运交通、能源矿产等资源开发利用的用海需求和安全，严格执行建设项目用海控制标准。**推动海上风电项目、海洋养殖向深水区布局**，促进海上风电与海洋油气开发、深水养殖综合利用，海上风电项目应满足离岸距离 30 公里或水深 30 米的开发条件限制。统筹海底油气管道、通信光缆、电缆等线性设施敷设的海底廊道，**重点加强海上风电电缆集中布局规划和管理，统筹设置集中登陆点**。划定管廊保护范围，加强海底管廊保护，在确保安全的前提下推进管廊复合利用、管线集中铺设。**合理安排国家重大项目、重大战略和海洋矿产能源开发利用等工矿用海布局**，主要包括：国家重大建设项目，广东自贸区、广东海洋经济综合试验区及粤港澳大湾区等国家重大战略规划用海，洋东、勒门、海门、靖海、神泉、后湖、甲子、桂山、港口、南鹏岛、沙扒、外罗、新寮、徐闻等近海浅水区海上风电建设及深水区的海上风电建设用海，海上石油、天然气、天然气水合物等油气资源勘探开发用海，波浪能、潮流能、海上光伏等海洋可再生能源开发用海等。

项目位于**沿海经济带**，该区域根据重要产业集群布局规划为**新能源重要产业集群**。

根据海洋空间功能布局，项目风电场选址位于**海洋开发利用空间**。



图 6.1.1-1 广东省海洋空间功能布局图 (《广东省国土空间规划 (2021-2035 年)》)

### 6.1.1.3 《广东省国土空间生态修复规划 (2021-2035 年)》

《广东省国土空间生态修复规划 (2021-2035 年)》提出：2025 年，着重抓好广东省重点生态功能区、生态保护红线内、重点国家级自然保护地等区域生态保护和修复，解决一批重点区域的核心生态问题，使全省生态安全屏障更加牢固，生态环境质量持续改善，生态系统安全性稳定性显著增强；2035 年，全面构建安全、健康、美丽、和谐的高品质国土，人与自然和谐共生格局基本形成，碳排放率先达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽广东基本建成。

基于“三屏五江多廊道”生态安全格局，围绕生态、农业、城镇三大空间，聚焦重点单元，总体布局国土空间生态修复任务，形成安全健康、美丽的高品质国土空间。其中，生态空间-系统保护修复“三屏”“五江”等重点生态功能区，重点推进森林保育、水源涵养、水土保持生物多样性保护、沿海地区海岸带保护等。“三屏”：即加强对以南岭山地为核心的南岭生态屏障、以丘陵山地、森林为主体的粤港澳大湾区外围丘陵浅山生态屏障和以沿海防护林、滨海湿地、海湾、海岛等要素为主体的蓝色海洋生态屏障的系统性保护修复。

保障“一核一带一区”区域发展格局。一核-生态融核，打造人与自然和谐共

生的国际一流湾区。一带-陆海统筹，构建生态经济协调发展的黄金海岸带。一区-生态活区，打造生态引领的粤北生态发展区。

推进重要生态系统保护修复。护卫蓝色海洋生态屏障，以 15 个生态保护和修复单元为重点，统筹推进河口、海湾、海岛海岸带整治修复，提高海洋带防护功能，加强海洋生物多样性保护。蓝色海洋生态屏障保护和修复重大工程-重要海湾生态系统保护修复：大亚湾-大鹏湾生物多样性保护修复拓林湾及周边海域典型海湾保护修复、靖海湾砂质海岸-防护林保护修复、红海湾-碣石湾滨海湿地保护修复、阳江湾典型海湾生态系统保护修复、水东湾-博贺湾海洋综合整治修复、雷州半岛东部滨海湿地生态系统保护和修复、雷州半岛西部滨海湿地和热带季雨林保护修复。

经与规划图件叠加分析，项目位置不在生态保护和修复单元内。

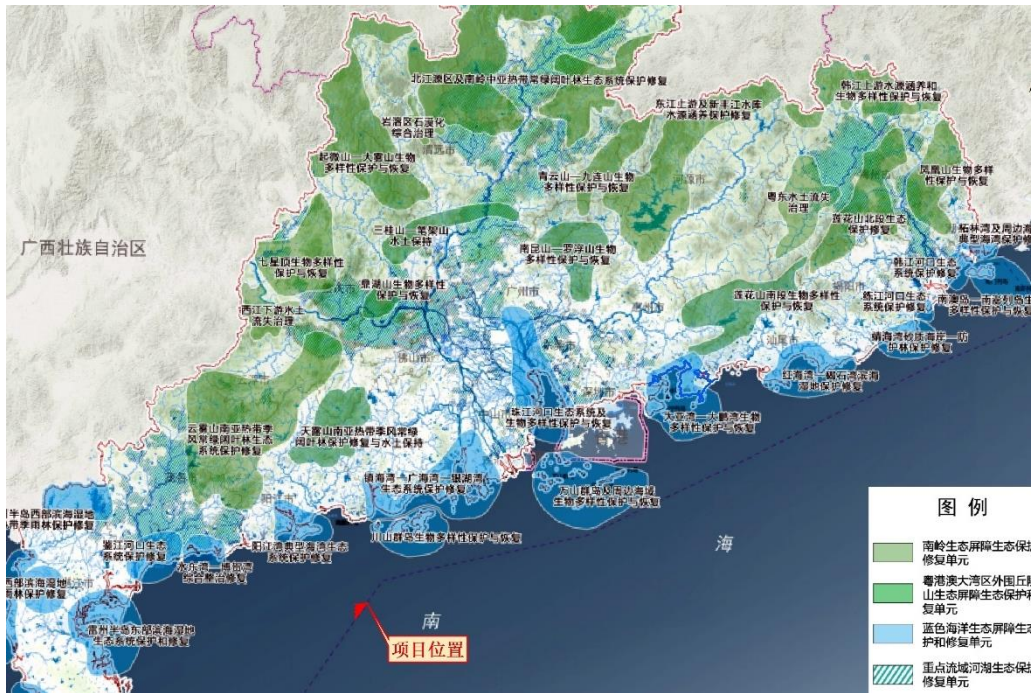


图 6.1.1-2 广东省重要生态系统生态保护和修复布局图

#### 6.1.1.4 《江门市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（草案）

《江门市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（草案）提出，全面落实广东省“一核一带一区”区域发展格局，提升国土空间治理体系和治理能力现代化水平，推动江门国土空间开发保护更高质量、更有效率、更加公平、更可持续。

规划提出，围绕打造珠江西岸新增长极、沿海经济带上的江海门户的发展定位，着眼江门长远发展，与江门大型产业集聚区、江门高新区、大广海湾区域等

重点区域发展需求结合起来，前瞻性开展规划编制，进一步改善人居环境、提升城市品质，彰显中国桥墩特色。

规划提出，协调推进能源供应体系建设，促进抽水蓄能电站发展，助力能源绿色低碳转型。协调加快电网体系建设，重点围绕城市新区和大型产业集聚区，推动骨干电源和集中供热建设。协调推进油气基础设施建设。加快推动电动汽车充电设施建设。

规划提出，完善市政基础设施配套能力。增强区域电力供应，完善保障有力的供电系统。

## 6.1.2 对海域国土空间规划分区的影响分析

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234号），本项目用海的海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

### 6.1.2.1 对《全国国土规划纲要（2016-2030年）》的影响分析

江门市作为广东海洋经济综合试验区，为广东海洋经济发展提供有效的探索，江门市委十四届五次全会报告提出，要推动海洋强市建设强势破局，在打造海上新江门上实现新突破。做大做强做优现代海洋产业，坚持“三线并进”，着力构建“海洋科技+海洋经济+海洋牧场”现代海洋产业体系，打造广东现代化海洋牧场先行区，强调“要以‘种业—养殖—预制菜’为主线深耕海洋第一产业”，“要以‘装备制造+海上风电’为主线壮大海洋第二产业”，“要以‘金融+保险+租赁’为主线拓展海洋第三产业”。

本工程建设海上风电场，属于海洋能开发利用项目，大力推进滨海能源产业发展，能同时为江门滨海渔业、临海工业、滨海旅游业提供环保电力资源，有力保证其他产业的蓬勃发展。

### 6.1.2.2 对《广东省国土空间规划（2021-2035年）》的影响分析

根据海洋空间功能布局，项目风电场选址位于海洋开发利用空间。经分析，

本项目施工产生的悬浮物扩散会对周边海域水质产生一定影响，但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减，在施工结束后影响随之消失。施工期及运营期生活污水、含油污水及固体废弃物均统一收集处理，不排海。

本项目为海上风电场建设项目，项目建成后能够充分地开发利用广东省近海风能资源，不仅有利于广东能源安全稳定供应和环境保护，且有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展，为广东打造风电产业基地创造良好条件，符合新能源重要产业集群的规划分区要求。

### **6.1.2.3 对《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》规划分区的影响分析**

项目建设范围不涉及《规划》中划定的广东省重要生态系统生态保护和修复布局范围。项目位于开阔海域，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km。经分析，项目施工对工程海域水质带来的影响是局部的、短期的和可逆的，影响很小，一旦施工结束，影响即可消除。因此，项目的建设对广东省落实各项国土空间生态修复措施没有影响。

### **6.1.2.4 对《江门市国土空间总体规划（2020-2035年）》（草案）规划分区的影响分析**

本项目位于海上，施工期和运营期产生的污废水均统一收集后交由有资质的单位处理，项目施工期及运营期需严格落实各项环境保护措施。

本项目建设海上风电场，项目建成后能够充分地开发利用广东省近海风能资源，减少化石资源的消耗、推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，有利于促进风电装备及相关产业链的形成和发展，助力能源绿色低碳转型，增强区域电力供应，完善保障有力的供电系统。

## **6.1.3 项目用海与国土空间规划的符合性分析**

本项目是海上风电项目，本项目是海上风电项目，项目建设推动可再生资源开发利用，缓解环境保护压力，实现绿色发展，可以利用良好的风能资源，向电

网提供清洁的可再生能源，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。工程的建设可以全面提升江门市的供电能力，大力推动江门市沿海经济带高质量发展。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用，项目的开发将以点带面带动全省海上风电开发，为下一步广东省海上风电规模化开发，为后续海上风电建设提供宝贵经验和示范。

根据对所在海域国土空间规划分区的影响分析，本项目用海方式不改变海域自然属性，符合所在海域国土空间规划分区的用途管制要求，因此，本项目建设与《全国国土规划纲要（2016-2030年）》《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《江门市国土空间总体规划（2020-2035年）》（草案）相符合。

## 6.2 项目用海与海洋主体功能区规划的符合性分析

### 6.2.1 与《全国海洋主体功能区规划》的符合性分析

《全国海洋主体功能区规划》提出：“海洋工程和资源开发区，是指国家批准建设的跨海桥梁、海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。**支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。**”

《全国海洋主体功能区规划》明确：“海域政策。根据海洋主体功能区功能定位，完善海域管理政策措施。严格落实海洋功能区划，加强围填海总量控制和计划管理。加强用海项目环境影响评价制度、海域使用论证制度和海域有偿使用制度实施情况监督。制定用海工程和围填海建设标准，明确海拔高度、污染排放、防灾减灾等要求，对用海项目建设实行全过程监管。科学划定海水增养殖区域，控制近海养殖密度。严格控制河口行洪区、重点增养殖区域建设用海。沿海地区或海岛大规模风能建设要充分考虑对相关海域影响。”

根据《全国海洋主体功能区规划》，本项目位于重点开发区域中的**海洋工程和资源开发区**。重点开发区域包括城镇建设用海区、港口和临港产业用海区、海洋工程和资源开发区。海洋工程和资源开发区，是指国家批准建设的跨海桥梁、

海底隧道等重大基础设施以及海洋能源、矿产资源勘探开发利用所需海域。海洋工程建设和资源勘探开发应认真做好海域使用论证和环境影响评价，减少对周围海域生态系统的影响，避免发生重大环境污染事件。支持海洋可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风能。本项目建设符合该功能区支持海洋可再生能源开发建设的发展方向，因此，符合《全国海洋主体功能区规划》的规划要求。

## 6.2.2 与《广东省海洋主体功能区规划》(2011-2020年)的符合性分析

根据《广东省海洋主体功能区规划》，我省坚持陆海统筹，突出保护优先，绿色发展，改革创新，合理确定不同海域主体功能，调整开发内容，创新开发方式，规范开发秩序，提高开发效率，构建陆海统筹，可持续发展的海洋国土空间格局。广东省海洋主体功能区包括优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类主体功能区域。本项目位于优化开发区域（图 6.2.2-1）。

优化开发区域发展方向和布局包括**加快发展海洋风电产业**，在风能资源和地质条件较好地区，坚持“三个 10”原则，强化与海洋生态红线协调，科学布局海上风电场址，推进海上风电规模化、集约化开发。以海上风电规模化开发带动风电装备及服务业发展，推动风电全产业链发展。

本项目建设海上风电场项目，风场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km。项目拟建设 29 台 14MW 的风电机组。项目风电场址已避开周边生态红线区、自然保护区等。本工程施工设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理，基本不会对工程海域水质带来影响。

此外，项目施工将产生一定量的悬沙，所在海域水质、渔业资源会受到一定的影响，但该影响是局部的、短期的和可逆的，根据以往疏浚工程产生的悬浮物的影响程度来看，悬浮物对水质的影响在工程结束后延续 4~5 个小时可基本消除。因此，施工悬沙对水质的影响属于短期环境效应，随着施工作业结束，水质将逐渐恢复，随之而来的便是生物的重新植入。

综上分析，项目建设完成后有利于带动地区风电的发展，对当地经济起到推动作用，对海洋环境的影响有可接受范围，符合《广东省海洋主体功能区规划》

的规划要求。

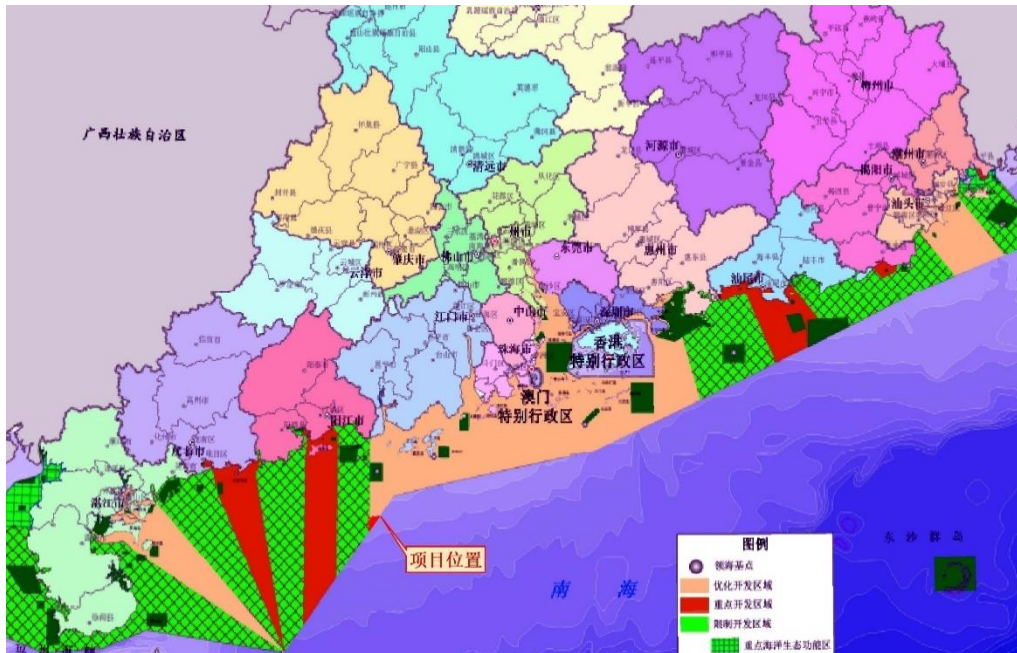


图 6.2.2-1 项目所在海域及主体功能区划图（广东省）

### 6.3 项目用海与海洋功能区划的符合性分析

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目风电场位于湛江-珠海近海农渔业区（图 6.3-1），相适宜的海域使用类型为渔业用海，执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。

项目作为海洋可再生能源开发项目，无围填海工程和水下爆破，海缆敷设不会截断洄游通道，项目对功能区的影响主要存在于施工期间，悬沙扩散对功能区的水质产生影响。但这一影响是暂时的，可逆的，随着施工的结束，悬浮物浓度会在数小时内迅速衰减背景浓度值，在施工结束后不会影响功能区的功能发挥，运营期也不会造成影响，不会对所在海洋功能区的基本功能造成不可逆转的改变，项目用海符合《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》的管理要求。具体分析见表 6.3-1。





图 6.3-1 项目所在海域及周边海洋功能区划图

表 6.3-1 项目与广东省海洋功能区划要求的符合性分析

名称	功能区划管理要求	影响分析	是否符合
湛江-珠海近海农渔业区	1.相适宜的海域使用类型为渔业用海；	本项目用海类型为电力工业用海，用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道用海，不改变海域自然属性，不影响渔业区功能发挥。	不冲突
	2.禁止炸岛等破坏性活动；	本项目不涉及炸岛、炸礁等破坏性活动。	符合
	3.40 米等深线向岸一侧实行凭证捕捞制度，维持渔业生产秩序；	施工增加了海域船舶密度，因此应加强与过往渔船的避让，增强风险防范意识，另外，施工应尽量避开幼鱼幼虾的产卵期和索饵场。	符合
	4.经过严格论证，保障交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求；	本项目是海上风电项目，属于海洋能的一种，利用风资源的工程符合该海域功能区的定位。	符合

		5.优先保障军事用海需求。	建设单位将在取得军方的书面协调意见后施工建设,以保障项目建设过程不会影响军事设施安全和军事活动的进行。	符合
	海洋环境保护要求	1.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道; 2.执行海水水质一类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准。	1.本项目施工将避开休渔季节进行。 2.施工产生的悬浮物属于海区本底水质沉积物内含物,且随着施工期的结束功能区内的悬浮物水平会恢复到原有水平,不会对功能区的海水水质、沉积物和生物质量产生大的影响。本工程设置有船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置,收集贮存后定期交具有处理资质的单位接收后统一处理。施工完毕后,海域可迅速恢复至原有水质和生物水平,不会影响功能区主体功能的发挥,可满足海水质量标准。	符合

## 6.4 与“三区三线”中生态保护红线的符合性分析

自然资源部办公厅在 2022 年 10 月 14 日发布的《关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》中明确，广东省完成了“三区三线”划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建设项目用地用海组卷报批的依据。

根据《自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号），生态保护红线是国土空间规划中的重要管控边界，生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行。

通过将项目与“三区三线”成果中的生态保护红丝叠加分析，本项目风电场址没有位于生态红线区，项目周边的生态红线是东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区和大帆石特别保护海岛，距离分别约 12.7km 和 29.4km，具体位置见图 6.4-1。项目施工对周边海洋渔业资源会造成一定影响，但通过增殖放流等生态补偿措施可以使海洋生物资源得到有效的恢复和保护。只要严格落实各项环境保护措施，预防环境风险事故，项目实施后不会导致周边海域的环境持续恶化。

因此，项目建设符合生态保护红线的管理要求。

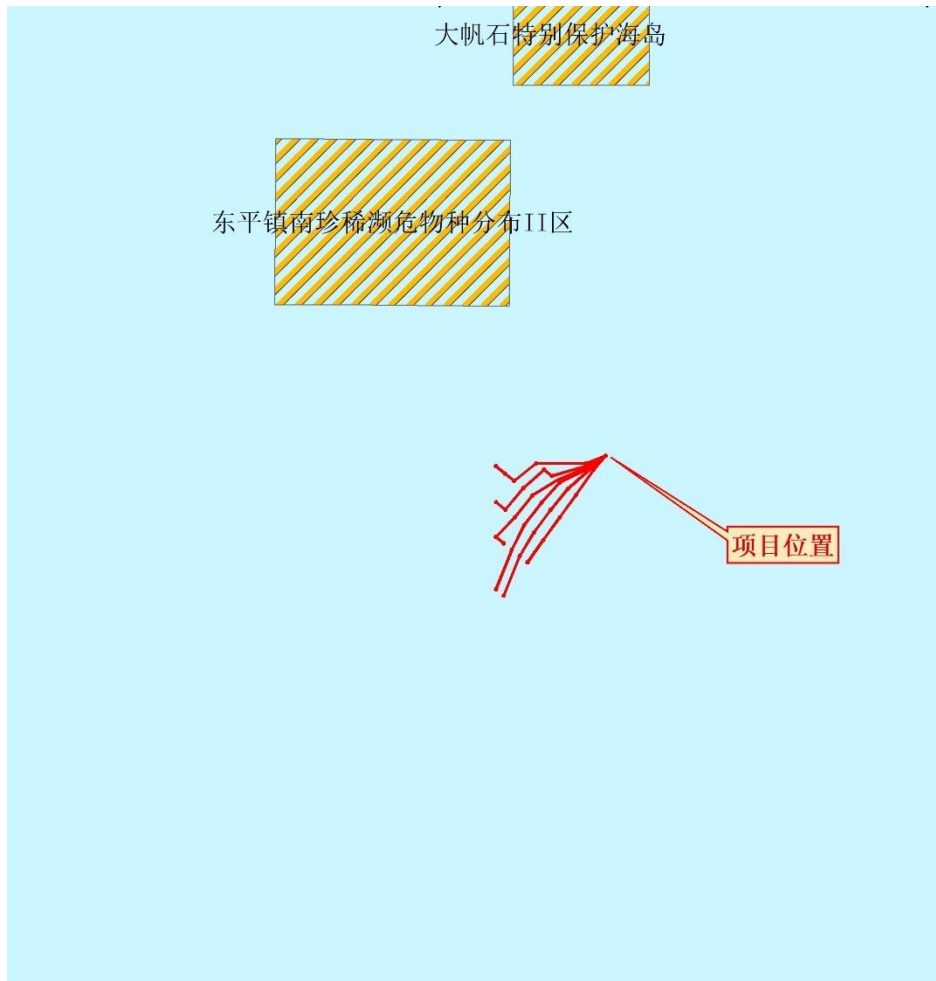


图 6.4-1 项目与生态保护红线叠加示意图

## 6.5 项目用海与其他相关规划的符合性分析

### 6.5.1 与《海上风电开发建设管理办法》的符合性分析

为进一步完善海上风电管理体系，规范海上风电开发建设秩序，促进海上风电产业持续健康发展，国家能源局、原国家海洋局制定了《海上风电开发建设管理办法》。管理办法规定海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，原则上应在离岸距离不少于 10km、滩涂宽度超过 10km 时海域水深不得少于 10m 的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。

本工程位于广东省江门市台山市南侧海域，离岸最近约 65km，所在海域水深为 45m~49m，项目风电场位置不涉及生态保护红线，从场址所在区域位置以及水深范围方面来看，本项目位置符合《海上风电开发建立管理办法》中“双十标准”。

因此，项目建设符合《海上风电开发建立管理办法》的管理要求。

## 6.5.2 与《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析

为深入贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示批示精神，2021 年 1 月 26 日省十三届人大四次会议审议批准《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称《省十四五规划》），重点明确“十四五”时期（2021-2025 年）广东经济社会发展的指导思想、基本原则、发展目标、发展要求，谋划重大战略，部署重大任务，并对 2035 年远景目标进行展望，是战略性、宏观性、政策性规划，是政府履行经济调节、市场监管、社会管理、公共服务和生态环境保护职能的重要依据，是未来五年广东省经济社会发展的宏伟蓝图和全省人民共同的行动纲领。

《省十四五规划》提出，围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治理能力现代化，努力拓展蓝色发展空间，打造海洋高质量发展战略要地。坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋+空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

《省十四五规划》要求，推动绿色低碳发展。统筹布局和优化提升生产、生活、生态空间，建立和完善生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单“三线一单”生态环境空间分区管控体系。培育壮大环保产业，推动绿色低碳技术创新和清洁生产，推进绿色化改造，发展绿色建筑。推进能源革命，积极发展风电、核电、氢能等清洁能源，建设清洁低碳、安全高效、智能创新的现代化能源体系。倡导简约适度、绿色低碳的生活方式，开展绿色生活创建活动。制定实施碳排放达峰行动方案，推动碳排放率先达峰。

发展风电已成为许多国家推进能源转型的核心内容和应对气候变化的重要途径，也是我国深入推进能源生产和消费革命、促进大气污染防治的重要手段。

在广东省因地制宜地开发建设一定规模的清洁能源,是对广东省能源消耗的有益补充,符合我国能源可持续发展战略的要求。

本项目对于改善广东省的电源结构,推动我国的海上风电事业的发展,促进我国深远海海上风电技术进步,开发可再生能源有着重要的意义,符合广东省可再生能源发展战略和可持续发展方向,符合国家和地方风电规划的相关要求。

因此,项目建设符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》关于推动绿色低碳发展的规划目标。

### 6.5.3 与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的符合性分析

2021 年 11 月 3 日,《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》由广东省人民政府正式印发(以下简称《规划》),该《规划》是指导“十四五”时期全省土地、海洋、森林、矿产、湿地等自然资源保护与开发工作的指导性、纲领性文件。规划提出了 9 项重大工程,系统推进自然资源高水平保护高效率利用,全力支持全省高质量发展。

《规划》要求,科学划定生态保护红线。按照依据科学、实事求是、应划尽划、不预设比例的原则划定生态保护红线,形成陆海生态保护红线“一张图”,确保陆域和海域生态保护红线面积不低于 5 万平方千米。优化海域资源配置方式,严格用海控制指标,推进海域混合分层利用,盘活闲置低效用海,不断提高海域资源节约集约利用水平。

《规划》提出,拓展蓝色海洋发展空间全面建设海洋强省。培育壮大海洋新兴产业。培育战略性、先导性产业,不断突破关键技术,增强产业链供应链自主可控能力,引导产业集中布局、集聚发展,抢占未来产业发展先机。加快海上风电规模化开发,完善产业链,建设珠三角海上风电研发服务基地和粤东、粤西千万千瓦级海上风电基地,打造海上风电产业集群。

《规划》提出的“十四五”重大工程共 9 项,其中第 6 项:海洋产业集群建设工程。工程内容是聚焦打造海上风电、海洋油气化工、海洋工程装备制造、海洋船舶工业、海洋旅游以及海洋渔业等 6 大海洋产业集群,依托特有区位优势和现有海洋产业发展基础,逐步完善上下游产业链,着重在深海关键技术与装备、

深水油气资源开发、海水养殖和海洋生物技术、海洋可再生能源、海洋电子信息等领域突破一批产业关键技术，推动核心设备国产化，逐步形成规模化的产业集聚，进一步提升广东海洋产业综合竞争力，推动海洋高质量发展。

广东省沿海风能资源丰富，具备海上风电规模开发的场地和效益，潜力巨大。本项目所在的江门海域具有开发风力发电的有利条件。海上风电场的建设将有利于改善广东省的电源结构，推动我国海上风电产业的发展，并对开发可再生能源也有着重要的意义。本项目属于海上风电项目，不涉及大规模、高强度的工业和城镇建设，虽然工程施工期间对周边海域海水水质会产生一定影响，但工程施工符合周边海洋功能区的管控要求，且对其造成的悬浮物影响是暂时的，可逆的，随着施工结束，悬浮物对水质的影响在工程结束后延续4~5个小时可基本消除，在施工结束后不会影响周边保护区、渔业区和红线区的功能。

项目建设成后有利于调整省内能源结构，实现经济社会的可持续发展。因此，本项目建设与《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》的要求相符合。

#### **6.5.4 与《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》的符合性分析**

海岸带是社会经济发展的重点区域，也是生态类型多样、生态功能重要、生态系统脆弱的区域。广东省人民政府、国家海洋局于2017年10月发布《关于印发〈广东省海岸带综合保护与利用总体规划〉的通知》（粤府〔2017〕120号）（以下简称《规划》），强调坚持陆海统筹，突出保护优先、节约优先、绿色发展、改革创新，实施基于生态系统的海岸带综合管理，优化海岸带综合保护与利用空间格局，强化海岸线分类分段管控，严守生态红线，筑牢生态安全屏障，努力把广东省海岸带打造成为宜居、宜业、宜游的黄金海岸带和美丽宜人的家园，发挥海岸带对区域经济社会的引领和支撑作用。

《规划》基于广东省海岸带自然资源禀赋和承载能力、产业基础和发展潜力，以海岸线为轴，构建“一线管控、两域对接，三生协调、生态优先，多规融合、湾区发展”的海岸带保护与利用总体格局，逐步实现陆海统筹。依据资源环境承载能力和空间开发适宜性，规划确定海岸带“三区三线”基础空间格局，推动形成海陆协调的生态、生活、生产空间总体架构。

根据规划中提出的“三区三线”基础空间格局,本项目位于生产空间(图 6.5.4-1)。《规划》提出,生产空间主要承载支撑经济发展的功能,是集聚临海工业和创新产业的主要平台,一般指资源环境承载能力较高、发展潜力较大、城镇化和人口集聚度较高的重要区域。以新能源为主的生产空间面积 2232.8 平方千米,除核电建设外主要为分布在粤东、粤西远海区域的海上风电建设空间。海上风电场址原则上应在离岸距离不少于 10 千米、滩涂宽度超过 10 千米时海域水深不得少于 10 米的海域布局。

本项目位于开阔海域,风电场场址水深在 45m~49m 之间,距离陆地最近距离约 65km。本项目建设期造成的悬沙扩散对所在海域水质产生一定影响,但这一影响是暂时的,可逆的,随着施工结束,悬浮物对水质的影响在工程结束后延续 4~5 个小时可基本消除在运营期不会长久影响海岸带的基本功能。项目通过制定施工船舶航行防范措施,确保不破坏渔业生态环境。项目要严格按照相关的法律法规开展,不排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和废弃物,统一交由有资质的单位回收处理。制定切实有效的防范措施,确保将项目建设对海岸带的影响降至最低。

稳步推进江门海上风电场的建设,是促进广东经济低碳、可持续发展的需要,更是适应我国新常态下能源革命新形势、符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。本项目建设有利于开发江门地区的海上风电资源,符合国家能源产业发展方向,能有效提高风能资源的利用。本工程不仅是广东省能源供应的有效补充,而且作为绿色能源,有利于缓解电力工业的环境保护压力,促进广东省海岸带生态环境的可持续发展。

因此,项目建设符合《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》关于发展海洋可再生能源的规划要求。



图 6.5.4-1 项目与广东省海岸带综合保护与利用总体规划叠加示意图

## 6.5.5 与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《广东省海洋经济发展“十四五”规划》要求，打造海上风电产业集群，推动海上风电项目规模化开发，基本建成已规划近海浅水区项目，推动省管海域近海深水区项目开工建设，争取粤东千万千瓦级海上风电基地纳入国家相关规划，并推动基地项目开工建设。强化省统筹工作力度，重点统筹做好项目前期工作、场址资源划分及配置、发展与安全，以及海上集中送出、登陆点和陆上送出通道、送出模式等。支持海洋资源综合利用，推动海上风电项目开发与海洋牧场、海上制氢、观光旅游、海洋综合试验场等相结合，力争到 2025 年底累计建成投产装机容量达到 1800 万千瓦。推动海上风电产业集群发展，加快建设阳江、粤东海上风电产业基地力争到 2025 年全省风电整机制造年产能达到 900 台（套）。推动技术进步和成本下降，以龙头企业为引领，重点开展低风速、大容量、抗台风、防盐雾风电机组研发制造。加快漂浮式风机基础、柔性直流送出等关键技术转化运用，进一步完善海上风电产业链。重点引进或鼓励收购新型材料、主轴承、齿轮箱、海上升压站、施工船机运维设备等产业链企业，补齐产业链供应链短板，提前谋划海上风电运维产业发展，重点在阳江、揭阳、汕尾等地布局建设海上运维基地，同时鼓励支持风电研发设计、装备制造、风电施工及运维企业加强合作，



通过组建专业运维机构或委托开展社会第三方专业运维，推行运维服务专业化。

《规划》提出，海洋空间开发格局持续优化。以“一核”为引擎，以“一带”为主战场的海洋空间开发格局基本形成。珠三角大力发展海洋高端制造业和现代服务业，与港澳在海洋运输、海工装备制造、油轮等领域的合作不断加强，成为全国海洋经济发展重要增长极。沿海经济带海上风电、海工装备、海洋生物、海洋电子信息、海洋油气化工、滨海旅游业等加快发展、集聚态势明显。

本项目能有力地开发珠三角地区的海上风电资源，有效提高风能资源的利用，有利于提高海上风电技术水平，有利于促进海上风电设备国产化、海上风机基础选型与施工技术的创新。同时，本项目对于促进区域经济社会发展有着积极意义。工程建成后，可带动地区相关产业如建材、交通、设备制造业的发展，对扩大就业和发展第三产业将起到促进作用，从而带动和促进地区国民经济的全面发展和社会进步。随着风电场的相继开发，风电将为地方开辟新的经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

因此，本项目的建设与《广东省海洋经济发展“十四五”规划》关于打造海上风电产业集群、推动海上风电项目规模化开发的要求相符合。

### **6.5.6 与《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析**

《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》指出：健全海洋突发环境事件和生态灾害应急响应体系，加强应急能力建设，提升海洋生态环境突发事件应急响应水平。加强海洋突发环境事件应急能力建设。深化船舶水污染物治理。严格落实《广东省深化治理港口船舶水污染物工作方案》，完善船舶水污染物收集处理设施，提高港口接收转运能力，补足市政污水管网与码头连接线。完善船舶水污染物联合监管制度，建设广东省船舶水污染物监管平台，全过程监督污染物的产生、接收、转运和处置。严格执行国家《船舶水污染物排放控制标准》，限期淘汰水污染物排放不达标且不能整改的船舶，严厉打击船舶向水体超标排放污染物行为。

本项目风机和 66kV 集电海缆均位于近海深水区域，项目施工期短，施工完毕后，海域可迅速恢复至原有水质和生物水平。施工期生活污水、含油污水及固

体废弃物均统一收集处理，不排海，项目施工产生的悬浮泥沙量较小，对水质、沉积物影响不大，可满足水质、沉积物等海水质量标准。本项目通过制定施工船舶航行防范措施，确保不破坏渔业生态环境。项目要严格按照相关的法律法规开展，不排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物和废弃物，统一交由有资质的单位回收处理。

因此，本项目的建设符合《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》的要求。

### **6.5.7 与《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的符合性分析**

《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出沿滨海地区谋划城市副中心。实施沿海沿江协同发展策略，依托银湖湾滨海新区，谋划建设现代化滨海城市组团，中长期逐步发展充实成为城市副中心。提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。坚持项目带动、品牌引领、创新驱动、升级带动、服务保障的发展思路，紧盯高端化、绿色化、数字化的发展方向，积极谋划一批具有战略性、基础性、带动性的高能级优质招商引资项目，探索粤澳合作发展新模式，打造粤港澳大湾区产业服务平台。坚持绿色发展，统筹绿色廊道和景观建设，串联周边山体、水体，打造绿化开敞空间。

《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》要求，优化能源供给结构。大力发展清洁能源，发展太阳能发电，积极开展海上风电、氢能、天然气水合物等新能源研究，因地制宜开发利用生物质能。安全高效发展核电，推进台山核电二期工程。合理发展气电，有序建设抽水蓄能电站，大力推动储能产业发展，推动煤电清洁高效利用。拓宽天然气供应渠道，提高天然气利用水平。完善天然气储备体系，以集中建设为主，建立健全政府储备与企业社会责任储备有机结合、互补联动的天然气储备体系，进一步提高天然气供气保障能力和储气调峰能力。

本项目属于海上风电项目，既能优化江门市的能源供给结构，又能促进广东经济低碳、可持续发展的需要，是符合国家能源发展战略和规划、优化调整我国能源结构的需要。

因此，本项目的建设符合《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》。

综上，本项目建设符合《全国国土规划纲要（2016-2030 年）》《广东省国土空间规划（2021-2035 年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035 年）》《江门市国土空间总体规划（2020-2035 年）》（草案）、生态保护红线的管控要求。

项目与《海上风电开发建设管理办法》的要求相符，项目符合《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》以及《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

# 7 项目用海合理性分析

## 7.1 用海选址合理性分析

### 7.1.1 项目选址区位和社会条件的合理性分析

本项目拟建设 29 台 14MW 的风电机组、6 回 66kV 集电海底电缆，位于江门市台山市南侧海域，未超过规划范围。

本项目位于江门市，交通十分便利。项目主要的建筑材料为钢材，钢材可从广东省内及省外的市场采购，钢材资源和商品混凝土采购便利；项目施工主要大型机械及常规的机械设备等可在当地租用；本区域的水电供应条件相对较好，供水、供电系统完备，陆上施工基地的水、电供应可直接从当地的管网系统接驳。因此，本项目选址的施工供应条件成熟，满足工程建设需要。

本项目的建设符合国家可持续、绿色、低碳的能源发展政策，适应广东海上风电发展规划，有利于推动可再生能源的开发利用和节能减排，有利于带动风电产业链和第三产业的发展，增加就业机会，促进地方经济的持续发展。

综上所述，本项目建设区域社会条件适宜、交通便捷、外部协作条件良好，项目建设在技术上是可行的、经济上是合理的。项目的建设选址区域的社会条件是相适应的，选址区域的社会条件满足项目用海需求，有利于项目区域的发展。

### 7.1.2 项目选址与自然资源、生态环境适宜性分析

#### (1) 气象条件的适宜性

项目所在海域地处北回归线以南的低纬度地带，属于亚热带季风气候区，有较强的季风性和较明显的海洋性，具有气候温和、阳光充足、雨量丰沛和季节变化明显等特征，该区域的气候条件适宜于工程的建设。但该地区易受台风影响，对工程的施工有一定的影响，施工期间应做好防台措施。

#### (2) 风能资源丰富

本风电场轮毂高度处主导风向为 E，次主导风向为 ENE，主导风能方向为 ENE；风向、风能分布相对集中，风能资源较好，具备开发建设风电场的风能资源条件。

#### (3) 水深地形条件的适宜性

本项目位于江门市台山市南侧海域，离岸距离约 65km，水深约 45m~49m，海域宽阔，场区内未见岛屿分布。海底地形总体平缓，整体呈西北高东南低趋势，属冲海积地貌单元。场区内未发现明显陡坎、海沟等。总的来说，项目所处海域水深条件较好，海底地形较平坦。因此本项目所在位置的地形条件适宜。

#### **(4) 地质条件的适宜性**

项目拟建场地位于相对较稳定的地质构造单元上。风电场区海底地形总体较为平缓，局部地段海床冲沟较发育，未见滑坡、崩塌、浅层气、活动沙丘等不良地质作用及海底地震地质灾害问题。场地环境工程地质条件较简单，遭受地质灾害危害的可能性较小，工程引发地质灾害发生可能性也较小。场地地形地貌及地层条件较好，可满足风机基础建设需要，综合判定，拟建场地稳定性较好，适宜作为风电场工程建筑场地。

#### **(5) 生态环境的适宜性**

项目建设不可避免的对工程周边海域的海洋环境质量、沉积物、海洋生态环境带来一定负面影响，造成一定的渔业资源及底栖生物损失。因此在工程设计、施工和运营时，必须将环境保护措施落实到施工和运营期的每个环节，确保工程建设对海域环境和海洋资源造成的影响降低到最低程度。根据环境影响预测结果，工程施工对周边水生生态环境的影响较小；施工期的生活垃圾、生活污水及船舶含油污水均统一收集后处理，禁止直接排放入海。

综上，本项目用海选址与自然资源和生态环境相适宜。

### **7.1.3 项目选址与周边其他用海活动的适宜性分析**

根据本报告第 5 节，本项目风电场周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路等。根据本报告第 5 章海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为国家能源集团广东电力有限公司，协调责任部门为当地渔业主管部门以及海事主管部门。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

### **7.1.4 项目用海选址是否有利于海洋产业协调发展**

本项目选址位于江门南侧海域，项目用海选址有利于开发江门海洋风能资源，推进江门海域海洋产业发展，提高地区能源供应能力，缓解电力工业的环保压力，

助力地区经济的低碳持续发展，社会效益显著。项目的开发建设，有利于加快海上风电技术水平的发展，有利于促进海上风电设备国产化，有利于促进海上风机基础选型与施工技术的创新。随着海上风电场的相继开发，海上风电将为沿海地区开辟新的海洋经济增长点，对拉动地方经济的发展起到积极作用。

因此，本项目用海选址有利于江门海域海洋产业协调发展。

## 7.1.5 项目选址合理性分析

本项目用海与气象条件、风能资源、水深地形条件、地质条件等自然环境条件相适宜；对生态环境影响较小，在采取一定补偿措施以及环保措施的前提下，可减轻对生态环境的影响；与周边其他用海活动具有较好的可协调性。

根据《国家能源局国家海洋局关于印发<海上风电开发建设管理办法>的通知》（国能新能〔2016〕394号），“海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，原则上应在离岸距离不少于10公里、滩涂宽度超过10公里时海域水深不得少于10米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。”本项目风电场场址区域离岸最近约为65km，已超过10km；水深约45~49m，水深大于10m；风电场场址不涉及各种保护区及重要、敏感和脆弱生态区域。此外，项目风电场选址与附近航道、锚地有一定的安全距离；风电场附近海域空旷，不存在有相关水上、水下建筑物等设施；工程风电机组、海缆方案均避开通信、电力、油气等海底管线的保护范围。

因此，项目选址是合理的。

## 7.2 用海平面布置合理性分析

### 7.2.1 平面布置合理性分析

#### 7.2.1.1 布置原则

在布置风电机组时，应充分考虑风电机组之间相互的尾流影响，确定各风电机组的间距，把尾流影响控制在合理范围内。风电机组间距的变大会使风电机组间的尾流影响降低，但同时也会降低对风能资源的利用率，增加机组间电缆的长

度，增大电量损耗。海上风电场风电机组应主要根据风电场区域内风能资源条件和海底地形地质条件进行布置，布置原则为：

- 1) 首先应充分考虑规划使用海域的周边环境限制条件，协调与港口、航道、油气管道等之间的关系。
- 2) 根据场区内风资源分布特点，充分利用风电场盛行风向进行布置，合理选择风电机组间距。
- 3) 布置时既要尽量避免风电机组之间的尾流影响，又要减小风电机组之间的海缆长度，以降低配套工程投资和场内输变电损耗。
- 4) 对不同的布置方案，要按整个风电场发电量最大，兼顾各单机发电量的原则进行优化。
- 5) 为了便于施工、运行维护和降低工程投资，同一风电场内的同期工程，尽量选用型号与单机容量相同的风电机组。
- 6) 现阶段风机布置主要从发电效益角度出发，充分利用风能资源，且不和用海及环保冲突。
- 7) 本风电场轮毂高度处主导风向为 E，次主导风向为 ENE，主导风能方向为 ENE；风向、风能分布相对集中。风机布置时按平行主导风向 8~14 倍叶轮直径，垂直主导风向 3~6 倍叶轮直径的范围进行试算（后排风机间距可按海域情况加大），并适当进行角度的偏转，调整个别风机点位，寻找风电场总体发电效益最优的方案。

### 7.2.1.2 风机布置方案

本工程装机容量为 400MW，根据以上风机布置原则，分别对 14MW、16MW（含 16.2MW）、17MW 和 18MW 共 4 种方案进行布置，各布置方案见图 7.2.2-1 所示。各方案行间距按 8~14 倍 RD，列间距按 3~6 倍 RD 试算，个别机位进行调整。

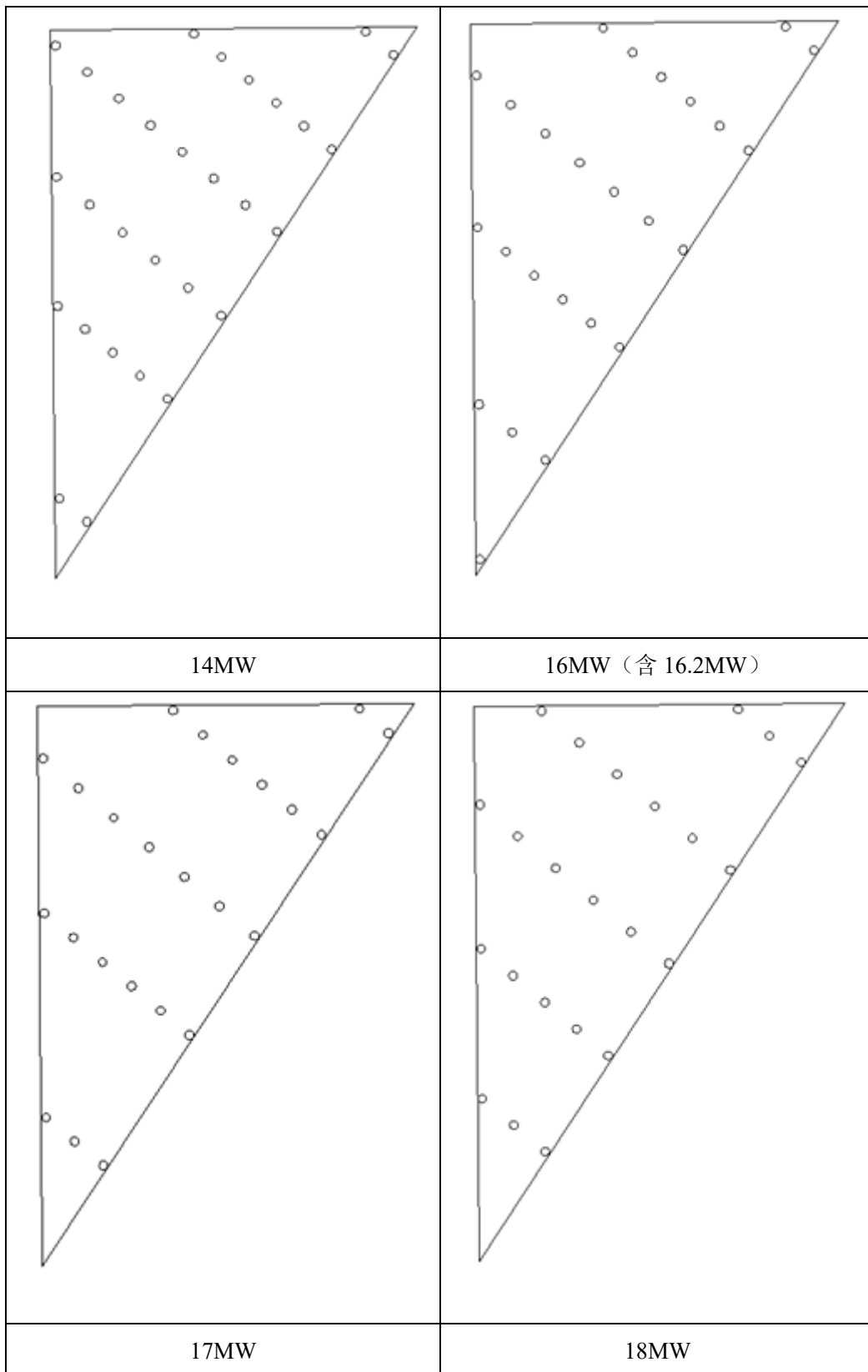


图 7.2.1-1 各容量风机机位布置示意图

对风机排布进行优化布置，计算各比选机型发电量详见表 7.2.2-1。

表 7.2.1-1 各机型及排布方案发电量计算结果对比表



方案	WTG1	WTG2	WTG3	WTG4
单机容量 (MW)	14	14	16	16
风机台数 (台)	29	29	25	25
总容量 (MW)	406	406	400	400
净发电量 (GWh)	1690.915	1640.084	1523.854	1499.963
上网电量 (GWh)	1285.095	1246.464	1158.129	1139.972
满发利用小时数 (h)	3165	3070	2895	2850
发电量排序	1	2	5	7
方案	WTG5	WTG6	WTG7	WTG8
单机容量 (MW)	16.2	17	18	18
风机台数 (台)	25	24	23	23
总容量 (MW)	405	408	414	414
净发电量 (GWh)	1604.166	1541.385	1516.969	1643.321
上网电量 (GWh)	1219.166	1171.453	1152.896	1248.924
满发利用小时数 (h)	3010	2871	2785	3017
发电量排序	4	6	8	3

本阶段针对多个机型进行分析，结合各机型的发电量、收益率等综合考虑，以 WTG1 的 14MW 机型作为推荐方案。本风电场工程拟安装推荐机型 29 台，推荐机型的排布方案根据风机厂家提供的现场空气密度下的风机功率曲线和推力系数，采用风能资源分析软件 WAsP 计算得年上网电量为 1285.095GWh，年等效满负荷小时数为 3165h。

综上，本风电场综合考虑了风机的机型、安全等级等条件要求，从机组性能、经济效应、风机尾流影响等方面出发，同时能达到风电场最好的发电效益，充分利用场址风力资源，最终确定布置方案。风电机组的布置满足了项目建设、开发的需求，提高了项目的用海合理性，因此本工程风电机组用海平面布置合理。

### 7.2.1.3 66kV 海底电缆

本项目 29 台风力发电机组采用 6 个回路接入海上升压站，电压等级为 66kV，采用链形拓扑结构，每串集电线路接 4~5 台风电机组。在连线优化的过程中，考虑线路截面随连接风机台数的不同而变化这一情况，使拓扑连线优化更加趋近最优解。基于最小生成树算法，提出一种“n-best 算法”，对于给定的点阵，从指定点出发，根据约束条件连接成拓扑，最后生成一棵最小树。“n-best 算法”每一步寻找 n 条权值最小边，对风机进行连接，通过若干次寻找后，便得出一批由最小权值边和所有风机组成的最小生成树形式的拓扑，在这些拓扑上再进行设备选型

和经济性和可靠性计算，便能求出最优拓扑方案。算法的本质是寻求最短路径的最优解，因此优化的拓扑结构路径趋于最短，从而大大减少了集电海缆的用海面积。

集电海缆路由的选择除考虑常规的安全避让外，还应遵循以下原则：

1、集电海缆线路尽量短，风机之间或风机与海上升压站之间的连线应尽量减少拐点以缩短海缆线路长度，从而减少集电海缆用海面积。

2、海缆路由应避开船舶经常抛锚的水域，远离锚地。海缆敷设经过施工时需要考虑施工期风机吊装船舶施工的安全距离，以及运行期间运维船舶抛锚的影响，因此集电海缆在风电场内敷设，应与风电机组基础保持一定的安全距离。

3、平行敷设的集电海缆严禁交叉、重叠。相邻的集电海缆应保持足够的安全距离，间距不宜小于最大水深的 1.2 倍，登陆平台段可适当缩小。

4、集电海缆登陆海上升压站海上构筑物基础周边冲刷影响范围内的预留电缆裕量不宜少于对应电缆设计路径长度的 20%。因此海缆在登海上升压站平台前一般考虑设置  $\Omega$  弯用于预留海缆裕量。 $\Omega$  弯曲半径约为 30m。即登陆海上升压站的 6 回集电海缆在靠近海上升压站的位置应相互分散布置，预留  $\Omega$  弯曲的空间。

5、海缆路由应尽量远离已建其他海底管线，尽量避免与其他管线交叉，若无法避免则应采取必要的安全措施。

综上，集电海缆路由布置上可考虑点对点直连布置方案一及集电线路集约共通道的布置方案二。

集电线路布置方案一：风电场 6 回集电线路采用点对点直连的布置方案，对于汇集至升压站的在同一路由上多回路海缆平行敷设，敷设间距暂按 80m 考虑。该方案基于尽量减少高价格的大截面（HYJQF41-F 38/66kV-3×630+2×36）集电海缆工程量为出发的集电拓扑方案。如下图所示。

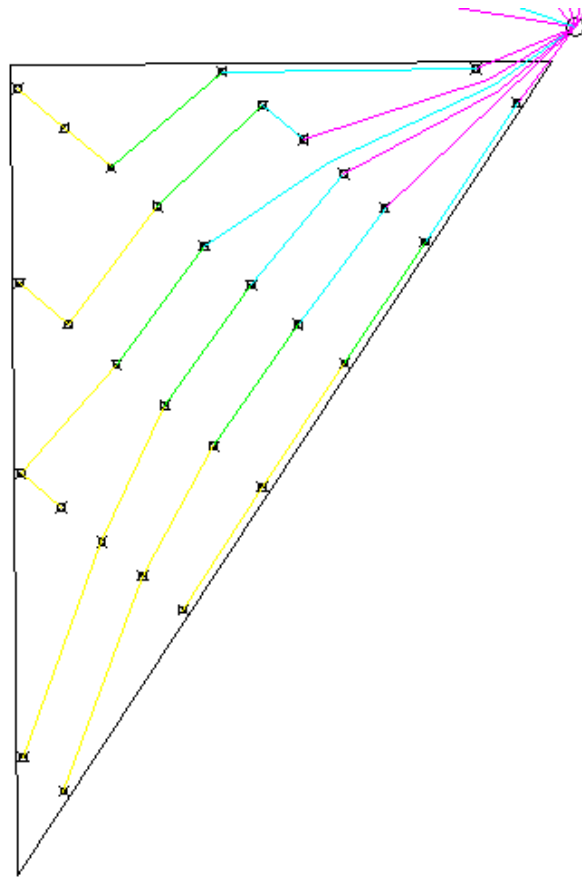


图 7.2.1-2 集电线路布置方案一

集电线路布置方案二：该方案主要采用列内风机成串，尽量减少列间风机串连，并且尽可能采用多回路同回路布置，风电场 6 回集电线路采用同路由布置的集约用海布置方案，集电海缆延风机基础外沿敷设，考虑施工及运行安全要求，海缆距离风机中心不小于 200m。在同一路由上多回路海缆平行敷设，敷设间距暂按 80m 考虑。如下图所示。

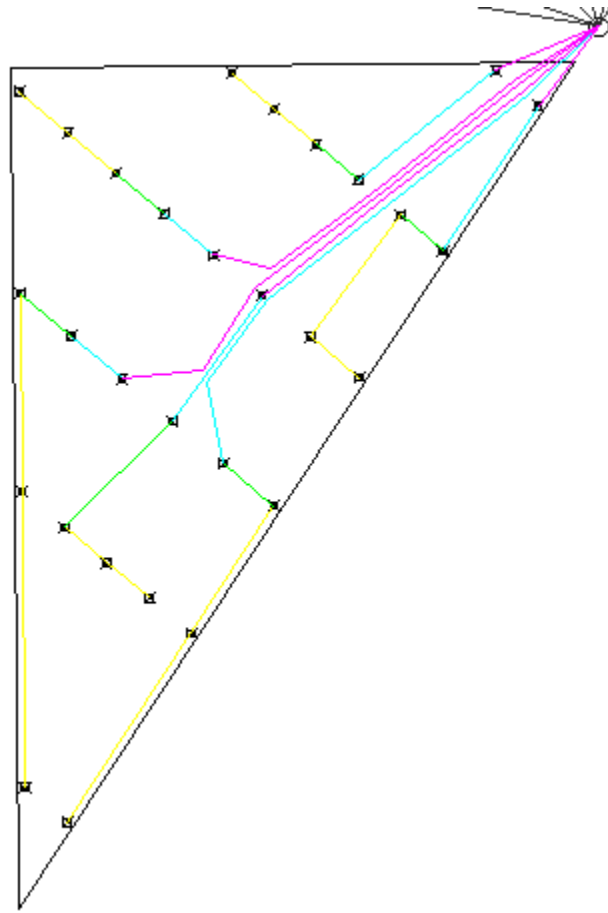


图 7.2.1-3 集电线路布置方案二

2 个方案的集电线路可比部分投资及全寿命成本对比表如下：

表 7.2.1-2 集电线路布置方案一经济性分析

方案一	初期建设费				运行费用		征海费用	
	需采购长度	单价	安装费	总价	每年损耗费用	25 年折现费用	每年海域使用费	25 年海域使用费用
电缆规格	km	万元						
HYJQF41-F 48/66kV 3×95+2×48	29.10	120.07	40	4657.42	176	1930	41	446
HYJQF41-F 48/66kV 3×185+2×48	16.02	161.63	40	3229.75	106	1161	22	245
HYJQF41-F 48/66kV 3×400+2×48	21.17	249.63	40	6132.04	157	1724	30	324

HYJQF41-F 48/66kV 3×630+2×48	18.72	353.08	40	7358.19	151	1647	26	287
总	85.01			21377.40		6462.07		1302.60
全寿命可比 成本（万 元）	29142							

表 7.2.1-3 集电线路布置方案二经济性分析

方案二	初期建设费				运行费用		征海费用	
电缆规格	需采购 长度	单价	安装 费	总价	每年损 耗费用	25 年折 现费用	每年海 域使用 费	25 年海域 使用费用
	km	万元						
HYJQF41-F 48/66kV 3×95+2×48	25.78	120.07	40	4125.95	156	1709	36	395
HYJQF41-F 48/66kV 3×185+2×48	8.89	161.63	40	1793.42	59	645	12	136
HYJQF41-F 48/66kV 3×400+2×48	21.21	249.63	40	6142.97	158	1727	30	325
HYJQF41-F 48/66kV 3×630+2×48	28.64	353.08	40	11259.63	230	2521	40	439
总	84.52			23321.96		6602		1295
全寿命可比 成本（万 元）	31219							

表 7.2.1-4 集电线路布置经济性对比分析

项目	方案一：6 回集电海缆集约 布置	方案二：6 回集电海缆点对 点布置
集电海缆需采购长度 (km)	85.01	84.52
集电海缆涉海长度 (km)	68.99	68.39
初期投资 (万元)	21377.40	23321.96
初期投资差额 (万元)	基准	1944.56
全寿命可比成本 (万元)	29142	31219
全寿命可比成本差额 (万 元)	基准	2077

综上，方案一使大截面集电海缆长度尽可能短，从而大大的节约工程投资造价。但由于串间小截面海缆长，使得方案一总体海缆长度略比方案二长约 0.6km。

方案二从集约用海的角度出发，采用行间风机成串，减少列间风机串连，并且尽可能采用多回路同回路布置，该方案节约占海，但造价更高，从初期投资成本及全寿命成本较方案一增加约 2000 万。另外由于采用同路由敷设，增加了路径上的拐点，同时增加了施工难度，并且海缆长度并无大幅下降。同时根据海上风电场运行经验统计，当前海上风电场海缆故障原因主要为锚害事故，若风电场内采用同一通道布置海缆路由，在发生锚害事故时容易造成多根海缆集体故障，增加了风电场海缆运行的风险。因此，本项目集电海缆布置方案推荐采用方案一。

本项目 66kV 集电线路综合考虑经济性、施工难度、海缆长度等因素，根据风电机组布置及考虑每个 66kV 母线段所带风电机组数量尽量平衡，对布置方案进行比选，提高了项目的用海合理性，因此本项目 66kV 集电线路的平面布置合理。

### 7.2.2 项目用海平面布置是否体现节约集约用海的原则

本项目规划装机容量 400MW，拟建设 29 台 14MW 固定式风电机组，根据《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》(国海规范(2016)6号)，海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右。本项目每 10 万千瓦包络海域面积为 11.18 平方公里，符合国家海洋局规定的用海控制要求，符合集约节约的原则，提高了该海域资源利用效率，并且通过平面布置的优化使外围风机包络范围均在场址规划范围内，同时实现发电效益最大。

综上，本项目用海平面布置体现了节约集约用海的原则。

### 7.2.3 项目用海平面布置是否有利于生态保护

本项目建设风电机组和 66kV 集电海底电缆，外围风机包络海域面积为 44.71 平方公里，场址内风机排布采用 6 排布置的方案，列间距为 8.3~13D，行间距为 3.0~3.6D，风机之间有一定的间距，对海洋水文、地形地貌与冲淤环境的影响很小，基本不会对海域不可逆的生态影响。风机桩基基础采用导管架基础结构，基础采用桩基础型式，通过沉桩施工打入海床底土，桩基可发挥人工鱼礁的功能，本项目正式运营后，场区范围禁止捕捞作业，具备人工鱼礁的属性，对改善海域

生态环境，营造海洋生物栖息的良好环境，为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所。因此，项目平面布置基本不会对所在海域的生态环境保护造成不良影响。

根据《海上风电开发建设管理办法》：在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。本项目风电场场址避开了生态红线区、海洋保护区，符合相关要求。

#### **7.2.4 项目用海平面布置能否最大程度地减少对水文动力环境和冲淤环境的影响**

本项目 66kV 集电海底电缆埋设于海床以下，不会对水动力及冲淤环境造成影响。就数值模拟结果来看，风电场桩基建设造成的影响较为有限。在规划装机总容量 400MW 的前提下，现阶段方案采用的风电机组单机容量较大，风电机组所需布设的台数相对减少，桩基施工数量减少，有利于减缓项目建设对水文动力环境、冲淤环境的影响。根据现阶段平面布置方案，本项目建设对周边海域的水文动力环境、冲淤环境总体影响不大，影响范围基本局限于风电场规划场址范围及周边一定范围的海域。

#### **7.2.5 项目用海平面布置能否最大程度地减少对周边其他用海活动的影响**

本项目风电场内布置 29 台风电机组，风电机组场内集电海缆均布置在规划场址范围内，不影响场址周边其他风电项目用海。

根据本报告第 5 章，本项目风电场周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路等。根据本报告海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为国家能源集团广东电力有限公司，协调责任部门为当地渔业主管部门和海事主管部门。通过加强与各方的沟通和合作，本项目海域开发利用具有较好的可协调性，项目用海与周边其他用海活动不存在功能冲突，是相适宜的。

综上，根据现阶段平面布置方案，本项目的开发建设可与周边其他用海活动相适应。

## 7.3 用海方式合理性分析

本项目用海方式为构筑物（一级方式）的透水构筑物（二级方式）和其他用海方式（一级方式）的海底电缆管道（二级方式），本节通过是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则；能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能；能否最大程度地减少对区域海洋生态系统的影响；能否最大程度地减少对水文动力及冲淤环境的影响分析项目用海方式的合理性。

### 7.3.1 是否遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则

项目建设风机和海底电缆，用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道，不涉及填海和非透水构筑物用海，风机采用了透水构筑物的方式，项目遵循了尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则。

### 7.3.2 能否最大程度地减少对海域自然属性的影响，是否有利于维护海域基本功能

本项目建设风机和 66kV 集电海缆，距离最近的陆地约 65km，不占用岸线。项目用海方式分别为透水构筑物和海底电缆管道。虽然项目建设需占用一定的海域，但透水构筑物和海底电缆管道用海基本不改变海域的自然属性，能够保持水体的流通交换，对海域的使用不属于不可恢复，不涉及炸岛和围填海等，项目实施虽然会对所在海域的渔业资源造成一定的影响，但通过生态减缓和补偿措施，不影响海域主导功能的实现，能够维护海域基本功能。

### 7.3.3 是否有利于保护和保全区域海洋生态系统

本项目施工期间会对作业面的底栖生物和底栖生境造成完全破坏，栖息于上述范围内的底栖生物将全部损失，部分游泳能力差的底栖生物如底栖鱼类、虾类也将因为躲避不及而被损伤或掩埋。另外，施工产生的悬浮泥沙也造成海洋生物一定的损失。本项目施工会产生悬浮泥沙，工程施工过程产生的悬浮物扩散和沉



降后，对项目周边海域的沉积物环境质量不会产生明显变化。为弥补工程建设对海洋生态环境带来的不利影响，建设单位应做好环境保护工作和生态补偿工作，把不利影响降到最低。

项目风机基础施工及海底电缆铺设等将会引起部分底栖生物损失。同时，工程施工悬浮物会引起本海域生物种类和数量的减少，但是项目建成后，影响将逐渐消失，生物数量会慢慢恢复。项目用海方式及建设运营过程中对区域海洋生态系统的影响不大。可见，本项目建设对区域生态系统有一定影响，但可以通过增殖放流等措施进行生态补偿，本项目用海方式对区域海洋生态系统的影响是可以接受的。同时，项目风电场场址已优先避让生态保护红线区，尽量减小对生态保护重要区域和生态敏感目标的影响。

### 7.3.4 能否最大程度地减少对水文动力环境、冲淤环境的影响

本项目透水构筑物和海底电缆管道用海能够保证水流的通畅，虽占用一定海域面积，但对整个水文动力环境、冲淤环境的影响并不大。因此，本项目用海方式能够最大程度减少对水文动力环境、冲淤环境的影响。

因此，本项目用海方式是合理的。

## 7.4 岸线占用合理性分析

本项目风机和 66kV 集电海缆均位于近海深水区域，距离最近的陆地约 65km，不占用大陆岸线和海岛岸线。

## 7.5 用海面积合理性分析

### 7.5.1 项目用海面积合理性

项目申请用海总面积为 178.7534 公顷，其中风机用海面积为 48.4967 公顷，66kV 海底电缆用海面积为 130.2567 公顷。

表 7.5.1-1 项目申请用海面积统计表

用海单元	用海类型	用海方式	用海面积（公顷）
风机	可再生能源用海/电力工业用海	透水构筑物	48.4967
66kV 海底电缆	可再生能源用海/电力工业用海	海底电缆管道	130.2567
合计			178.7534

### 7.5.1.1 是否满足项目用海需求

#### (1) 风电机组用海需求

风电机组平面布置是决定海域使用面积大小的一个主要因素，风机行内间距和行间距与发电量、尾流影响、建设成本密切相关。布置风机的关键是根据工程区域的特点，确定各行和行内各风机的合理间距，并把尾流影响控制在合理的范围内。

根据风资源及地形等参数条件，采用WasP软件对本项目进行年理论发电量和尾流影响的计算，并进行各种损耗与风电机组利用率等参数的修正计算，最后得到每台风电机组的年上网电量。本项目从发电效率最优的角度分析，通过比选，认为上网电量最优的方案为WTG1风机布置方案，经计算年上网电量为1285.095GWh，年等效满负荷小时数为3165h。本工程共安装风电机组29台，风机基础推荐四桩导管架，基础塔筒与导管架四桩腿间由4根变截面钢管连接，四根桩按正方形布置，桩与桩之间的中心点距离30m，平均桩径为3.5m。

根据海籍调查规范5.4.2.5电力工业用海—f)海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩50m为半径的圆为界；多个风机塔架，范围为所有单个风机所占海域范围之和。项目风机基础四桩导管架塔架中心点至塔架基础最外缘点的距离是22.96m，以中心点至塔架基础最外缘点外扩50m，即72.96m为半径的圆为单个固定式风机基础的申请用海范围（见图7.5.1-1），单台风机用海面积为1.6723公顷，在此基础上确定29台风力发电机组的总基础用海面积约为48.4967公顷，在高斯-克吕格（112°30′）投影下计算得风电机组用海面积为48.4967公顷。

因此，本项目风机用海面积可满足项目用海需求。

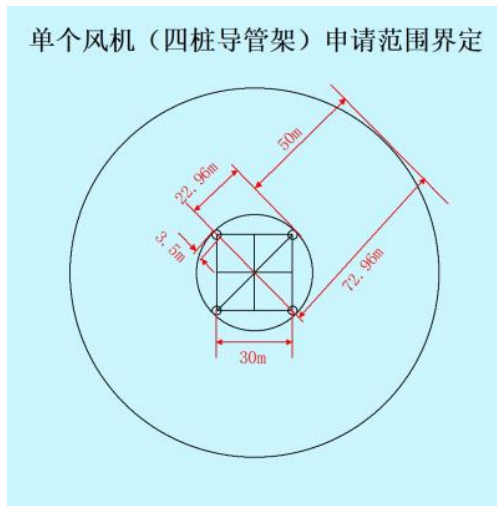


图 7.5.1-1 导管架基础用海范围界定示意图（单位：m）

## （2）海底电缆用海需求

根据项目需要，风电机组发出电能需通过66kV集电海底电缆接入海上升压站。根据海籍调查规范5.4.2.5电力工业用海—g)海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩10m距离为界，再结合海底电缆的路由布置，确定海底电缆用海是满足项目需要以及合理的。

本项目66kV海底电缆为风机间的集电线路用海，最优集电拓扑方案为风机按6个回路布置，各个回路考虑功率分布平衡，连接4~5台风机，风机连接电缆不交叉重叠。根据设计要求，采用单根三芯的海底电缆，电缆自身直径176.3mm，根据规范要求，电缆用海以边界两边外扩10m为限，所以66kV海底电缆的用海通道宽度约为20.18m，其长度约为68.99km。本项目66kV海缆与风机及海上升压站部分用海重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机和海上升压站用海优先，海底电缆次之，所以66kV海底电缆用海面积中应去除和风机、海上升压站重叠部分，最终得出66kV海缆申请用海面积为130.2567公顷。

综上，本项目用海面积符合项目用海需求。

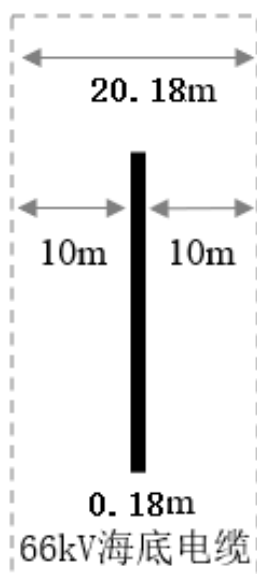


图 7.5.1-2 海底电缆用海范围界定示意图（单位：m）

### 7.5.1.2 是否符合相关行业的设计标准和规范

#### （1）项目用海面积符合用海控制指标要求

根据《国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见》（国海规范〔2016〕6号），“海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右”。本项目风电场总容量 40 万千瓦，风电场外缘边线包络海域面积 44.71 平方公里，每 10 万千瓦包络海域面积约 11.18 平方公里，小于 16 平方公里，符合国家海洋局规定的用海控制要求。

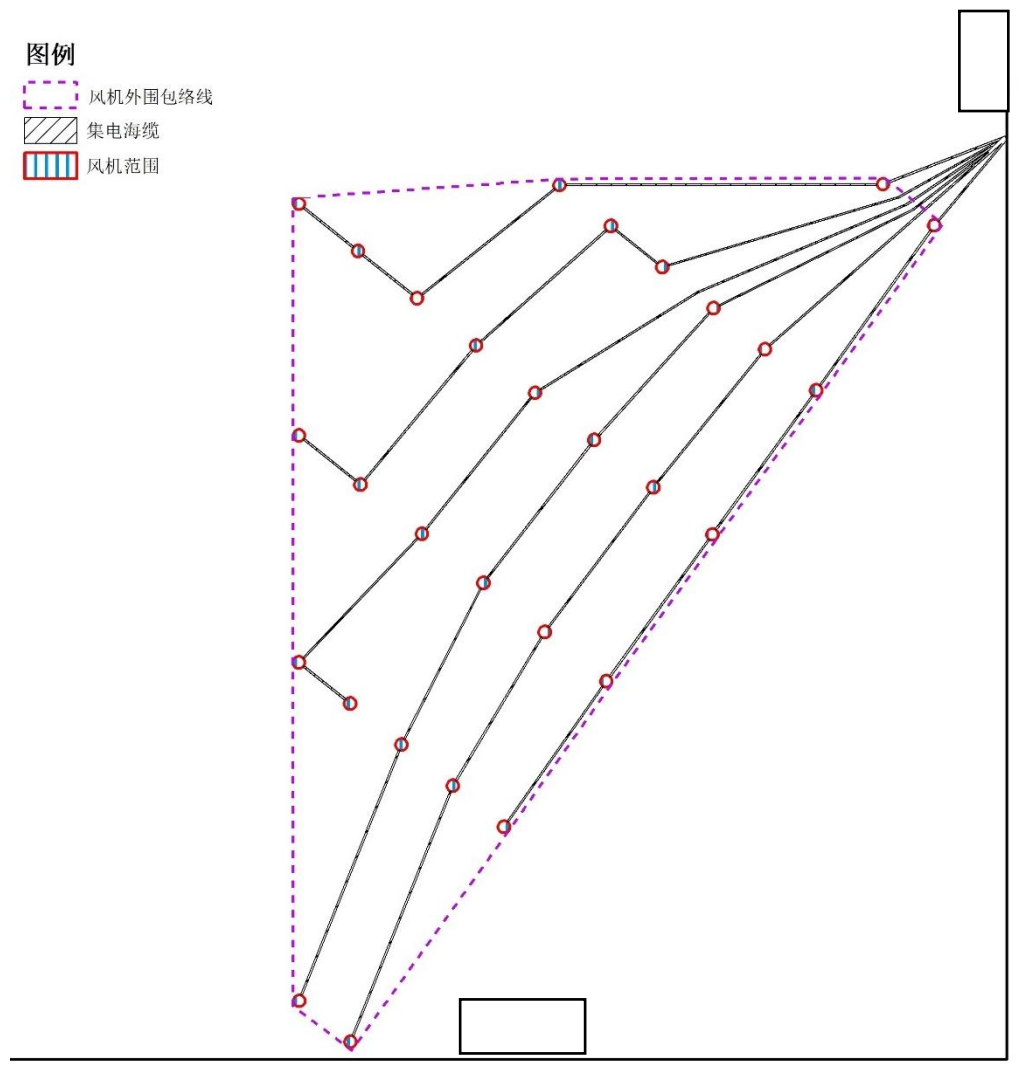


图 7.5.1-3 风机外围包络线示意图

**(2) 与《风力发电场设计技术规范》等风电行业规范相符合**

本项目风电场的设计按照《风力发电机组设计要求》(GB/T18451.1-2012)、《风力发电场设计技术规范》(DL/T5383-2007)、《风电场工程等级划分及设计安全标准》(FD002-2007)、《风电机组地基基础设计规定》(FD003-2007)、《风力发电场设计规范》(GB51096-2015)、《海上风电场工程施工组织设计技术规定》(NB/T31033-2012)等专业技术规范标准进行,海底电缆的布设满足《海底电力电缆输电工程设计规范》(GB/T51190-2016)、《海底电缆管道路由勘察规范》(GB17502-2009)等的要求,本项目设计符合风电等相关规范的设计要求。

**(3) 与《海籍调查规范》和《海域使用面积测量规范》相符合**

海岸线确定原则和方法依据以《全国海岸线修测技术规程》(自然资办函〔2019〕1187号)及《海岸线调查统计技术规范》(DB33/T2106-2018)规定的方

法确定，本项目海岸线为广东省政府 2022 年批复海岸线。

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(自然资发〔2023〕234 号)，本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；根据《海域使用分类》(HY/T 123-2009)，本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式）。

根据《海籍调查规范》中第 5.4.2.5 节电力工业用海，“海上风力发电项目用海，单个风机塔架以塔架中心点为圆心，中心点至塔架基础最外缘点外扩 50m 为半径的圆为界；多个风机塔架，范围为所有单个风机所占海域范围之和”；“海上风力发电使用的海底电缆，以电缆管道外缘线向两侧外扩 10m 距离为界”；第 5.3.2.2 节透水构筑物用海，“有安全防护要求的透水构筑物用海在透水构筑物及其防护设施垂直投影的外缘线基础上，外扩不小于 10m 保护距离为界”。

本项目风机以其基础外切圆外扩 50m 为半径的圆为界确定界址点；66kV 海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界确定界址点。

同时，《海籍调查规范》中规定：当几种用海方式的用海范围发生重叠时，重叠部分应归入现行海域使用金征收标准较高的用海方式的用海范围。本项目海底电缆用海以外缘线向两侧外扩 10m 距离为界，66kV 海底电缆与风机、海上升压站用海面积部分重叠，按照海域使用金征收标准的不同，采取就高不就低的原则：即风机基础和海上升压站用海优先，海底电缆次之，重叠部分面积扣除。

按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目拟申请用海面积是根据坐标解析法进行计算的，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助于 ArcGIS 10.8 的软件计算功能直接求得透水构筑物及海底电缆管道用海面积。

#### **(4) 与《海上风电开发建设管理办法》相符合**

根据《海上风电开发建设管理办法》，“海上风电项目建设用海面积和范围按照风电设施实际占用海域面积和安全区占用海域面积界定。海上风电机组用海面积为所有风电机组塔架占用海域面积之和，单个风电机组塔架用海面积一般按塔架中心点至基础外缘线点再向外扩 50m 为半径的圆形区域计算；海底电缆用海面积按电缆外缘向两侧各外扩 10m 宽为界计算；其他永久设施用海面积按《海

籍调查规范》的规定计算。各种用海面积不重复计算。”

本项目风机以其基础外切圆外扩 50m 为半径的圆为界确定用海面积和范围，海底电缆以其外缘线向两侧外扩 10m 距离为界确定用海面积和范围，海上升压站以其外缘线外扩 10m 距离为界确定用海面积和范围。海底电缆用海面积与风机、海上升压站用海面积有部分重叠，海底电缆用海面积去除和风机、海上升压站的用海面积重叠部分后确定。因此，本项目拟申请用海面积的界定符合《海上风电开发建设管理办法》。

因此，本项目拟申请用海面积的界定符合相关管理办法的要求。

### 7.5.1.3 减少项目用海面积的可能性

本项目风电场的设计在满足风电工程尾流控制 and 安全性等需求的基础上，已经按照集约节约用海的原则，并以尽可能减少风电场占用海域面积为目标，对本项目的平面布置做了优化；同时，考虑到本工程周边海域航道、锚地和海洋保护区等开发利用现状的用海需求，设计单位对本项目的风机机组和海底电缆路由进行了优化。现阶段，综合考虑机组安全性、发电效益等因素，减少用海面积的可能性很小。

综上所述，项目用海面积是合理的。

## 7.5.2 宗海图绘制

### 7.5.2.1 测量相关说明

#### (1) 宗海测量相关说明

根据《海域使用分类》《海籍调查规范》，广东海兰图环境技术研究有限公司负责进行本项目海域使用测量，测绘资质证书号为：乙测资字 44505356。

#### (2) 执行的技术标准

《海域使用面积测量规范》(HY 070-2022)；

《海域使用分类》(HY/T 123-2009)；

《海籍调查规范》(HY/T 124-2009)；

《宗海图编绘技术规范》(HY/T 251-2018)。

### 7.5.2.2 宗海界址点的确定方法

本宗海有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，共 53 个用海单元构

成，其中透水构筑物（风机）用海单元 29 个，66kV 海底电缆用海单元 24 个。

1) 风机用海界址根据其中心点，以半径 72.96m 画圆确定用海界址；

2) 海底电缆用海界址是根据海底电缆设计宽度外扩 10m 距离为界确定用海界址。

### 7.5.2.3 宗海图的绘制

#### (1) 宗海位置图的绘制方法

宗海位置图采用中国航海图书出版社2020年11月第5次印刷的海图《珠江口至海陵水道（图号15500）》作为底图，比例尺为1:250 000，坐标系为2000国家大地坐标系（CGCS2000），深度...米...理论最低潮面，高程...米...1985国家高程基准，地图投影为墨卡托投影（21°34'N），图式采用 GB12319-1998。将上述图件作为宗海位置图的底图，根据海图上附载的方格网经纬度坐标，将用海位置叠加之上述图件中，并填上《海籍调查规范》上要求的其他海籍要素，形成宗海位置图。

#### (2) 宗海界址图绘制

利用委托方提供的项目平面布置图及数字化地形图作为宗海平面图的基础数据，利用 Arcmap 软件矢量化地形图作为宗海界址图的底图，根据《海籍调查规范》《宗海图编绘技术规范》对宗海和宗海内部单元的界定原则，形成不同用海单元的界址范围。

### 7.5.2.4 宗海界址点坐标及面积的计算方法

#### (1) 宗海界址点坐标的计算方法

宗海界址点在 ArcGIS 10.8 的软件中绘制属于高斯投影下的平面坐标，高斯投影平面坐标转化为大地坐标（经纬度）即运用了高斯反算过程所使用的高斯反算公式算出。根据数字化宗海平面图上所载的界址点 CGCS2000 大地坐标系，利用相关测量专业的坐标换算软件，输入必要的转换条件，自动将各界址点的平面坐标换算成以高斯投影、112°30'为中央子午线的 CGCS2000 大地坐标。

**高斯投影反算公式：**



$$l = \frac{1}{\cos B_f} \left( \frac{y}{N_f} \right) \left[ 1 - \frac{1}{6} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \left( \frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{120} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2) \left( \frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

$$B = B_f - \frac{t_f}{2M_f} y \left( \frac{y}{N_f} \right) \left[ 1 - \frac{1}{12} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) \left( \frac{y}{N_f} \right)^2 + \frac{1}{360} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) \left( \frac{y}{N_f} \right)^4 \right]$$

## (2) 宗海面积的计算方法

本次宗海面积计算采用坐标解析法进行面积计算，即利用经外扩后的各点平面坐标计算面积。借助于 ArcGIS 10.8 的软件计算功能直接求得用海面积。

## (3) 宗海面积的计算结果

根据《海籍调查规范》及本项目用海的实际用海类型，界定本项目用海为 1 宗海，宗海面积 178.7534 公顷，有透水构筑物、海底电缆管道共两种用海方式，共 53 个用海单元构成，其中风机（透水构筑物）用海面积 48.4967 公顷，66kV 海底电缆用海面积 130.2567 公顷。

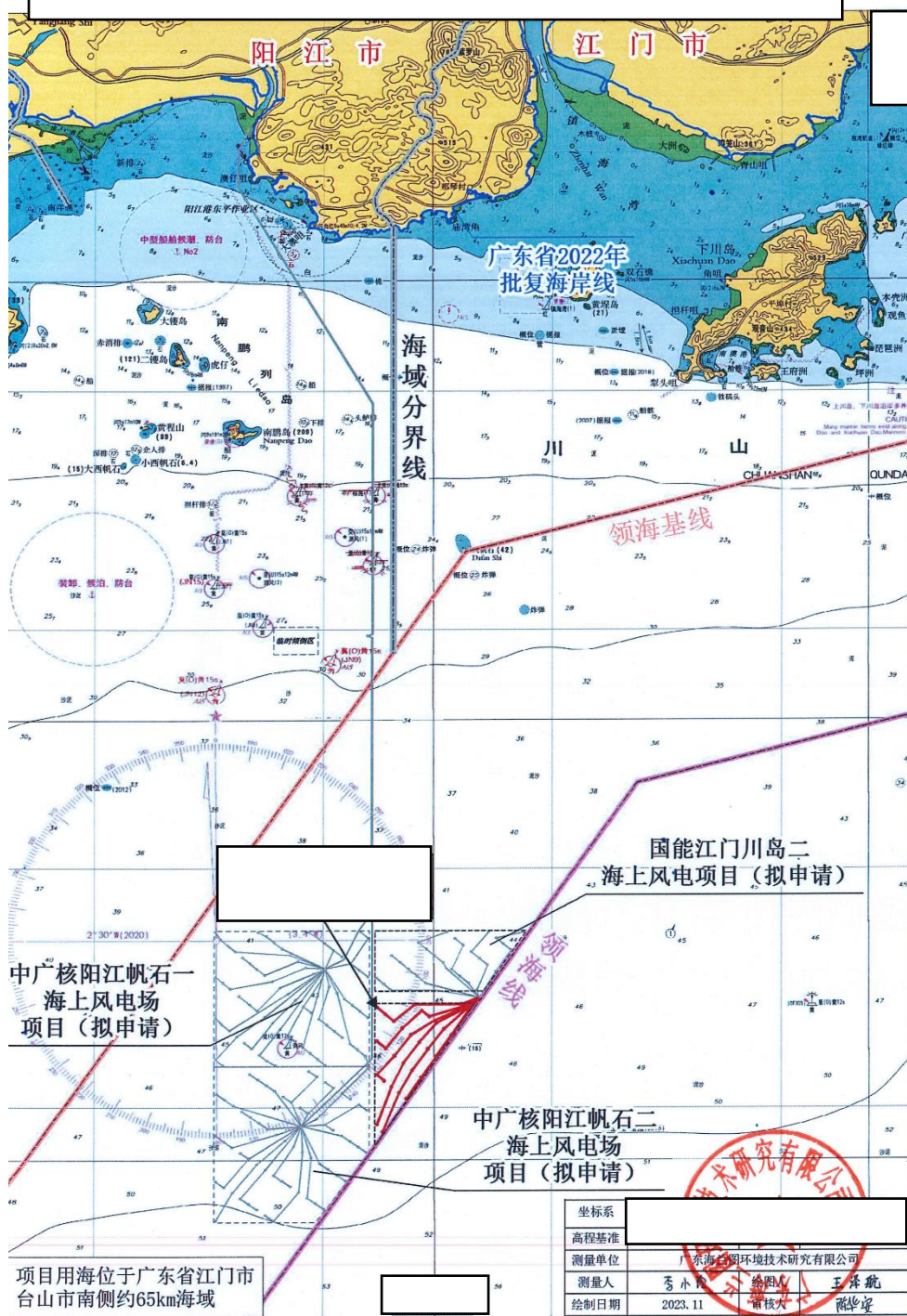
## 7.5.3 项目用海面积量算

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类），按《海域使用分类》（HY/T 123-2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为透水构筑物用海和海底电缆管道用海。按照《海域使用面积测量技术规范》，本次论证项目申请用海面积是根据坐标解析法进行面积计算，利用经外扩后的各点平面坐标计算面积，借助于 ArcGIS 10.8 的软件计算功能直接求得。

因此，本项目申请用海面积的界定符合《海籍调查规范》《海域使用面积测量规范》等相关规范的要求。

本项目海域使用宗海位置图见图 7.5.3-1，宗海界址图见图 7.5.3-2。

中广核江门川岛一海上风电项目宗海位置图



项目用海位于广东省江门市台山市南侧约65km海域

坐标系	
高程基准	
测量单位	广东海图环境技术有限公司
测量人	李小明 翁阳 王泽航
绘制日期	2023.11 曾核大 陈华安

图 7.5.3-1 宗海位置图

# 中广核江门川岛一海上风电项目宗海界址图

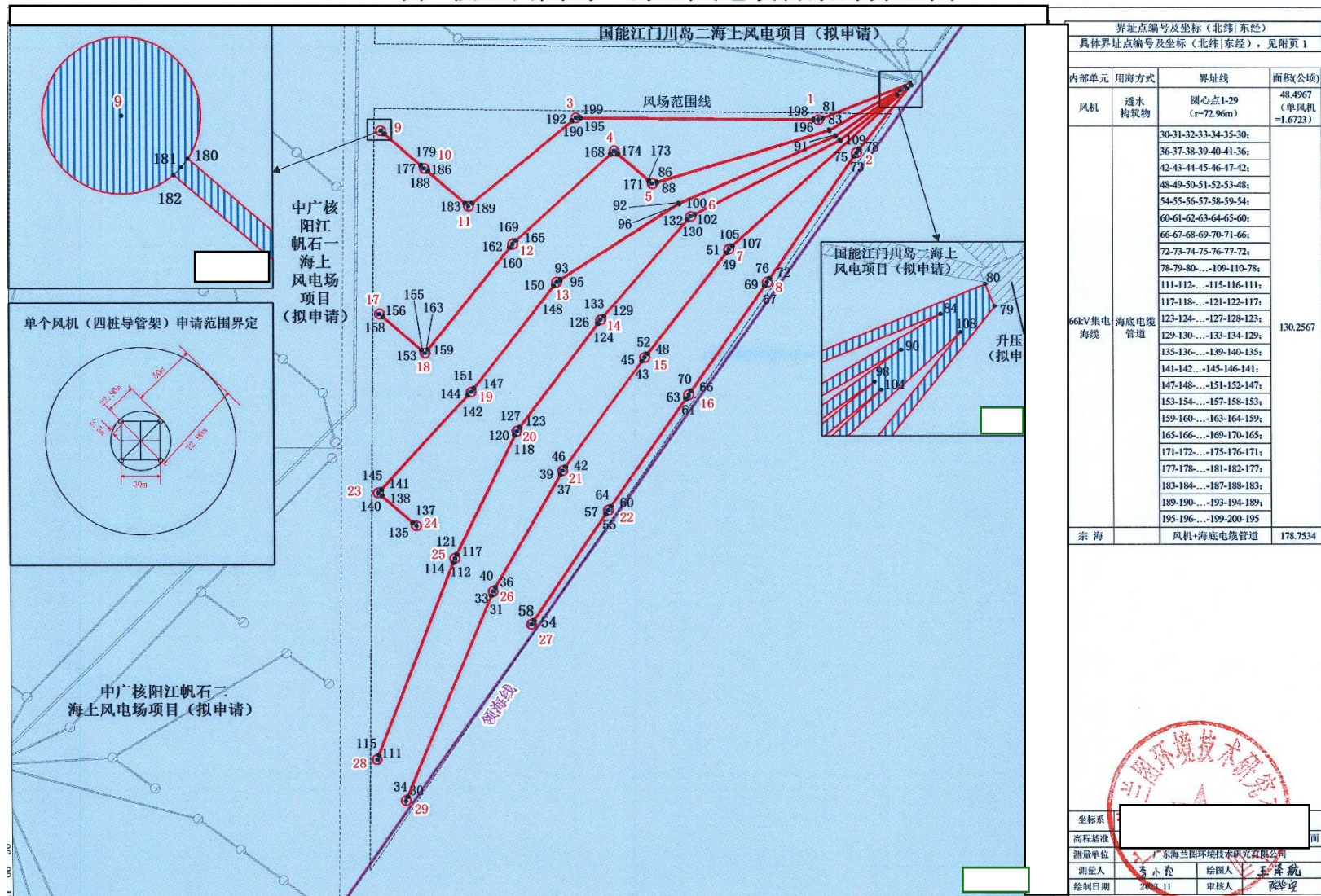


图 7.5.3-2 宗海界址图

表 7.5.3-1 宗海界址点 (续 1) (略)

表 7.5.3-2 宗海界址点 (续 2) (略)

表 7.5.3-3 宗海界址点 (续 3) (略)

## 7.6 用海期限合理性分析

根据《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》(自然资发〔2023〕234号),本项目海域使用类型为工矿通信用海(一级类)中的可再生能源用海(二级类);按《海域使用分类》(HY/T 123-2009),本项目海域使用类型为工业用海中的电力工业用海,用海方式为构筑物用海中的透水构筑物用海和其他用海方式中的海底电缆管道用海。

根据《中华人民共和国海域使用管理法》第二十五条 海域使用权最高期限,按照下列用途确定:

- (一) 养殖用海十五年;
- (二) 拆船用海二十年;
- (三) 旅游、娱乐用海二十五年;
- (四) 盐业、矿业用海三十年;
- (五) 公益事业用海四十年;
- (六) 港口、修造船厂等建设工程用海五十年。

本项目风机的设计服务年限为25年,总工期计划为16个月,因此,本项目申请海域使用期限为27年。

结合国家对项目用海年限的规定,本项目拟申请使用海域27年符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定。期满后,如有需要可按照有关规定再行申请续期。

因此,本项目申请海域使用期限是合理的。

# 8 生态用海对策措施

## 8.1 生态用海对策

### 8.1.1 设计阶段生态保护对策

本项目设计避让了生态敏感目标，体现了生态化理念。其中，本项目风电场布置在江门市台山市南侧海域，离岸最近距离 65km。本项目周边主要生态敏感目标包括生态保护红线、重要渔业水域等，其中，本项目不涉及生态保护红线，与生态保护红线中的“东平镇南珍稀濒危物种分布 II 区”、“大帆石特别保护海岛”的距离分别为 12.7km、29.4km。本项目位于海陵岛南部的长尾大眼鲷产卵场，但本项目全部风电机组和集电海缆布置在规划风电场址范围内，并通过设计方案比选，采用大容量风电机组，减少风机数量，尽可能减少对重要渔业水域的影响。

本项目尽可能减少对海洋自然资源占用。本项目装机容量为 400MW，在规划场址范围内通过计算、筛选，设计阶段开展了平面布置方案比选，使得风机布置充分利用风能资源。本次建设内容不涉及风电场送出海缆，本项目也不涉及占用岸线。

本项目设计阶段也考虑项目建设内容遵循尽最大可能不填海和少填海、不采用非透水构筑物，尽可能采用透水式、开放式的用海原则，本次用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道。

### 8.1.2 施工期生态保护对策

#### (1) 对海域底栖生物影响的减缓措施

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量的前提下尽可能缩短水下作业时间。

②严格限制施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围，禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对底栖生物的影响范围。

③施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

#### (2) 对渔业资源和渔业生产影响的减缓措施

①鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一

次一桩，首桩打设采用较低功率的“软启动”方法。

②施工期水下打桩中应严格确立在距离桩基一定范围为鱼类受水下噪声影响的危险区域，在该危险距离范围内应对鱼类、进行可能的驱赶、搬移等工作。

③注意鱼类在遭到水下噪声影响时所处的生命周期，尽力避免鱼类在繁殖期、产卵期时的施工。

④由于施工期相对时间较短，同时某些鱼类可以采用游离避开噪声源等方法远离施工区，在施工结束后再返回该区域。建议施工单位一方面应该尽量缩短总的施工时间，另一方面在打桩中每分钟的打桩次数尽量减少。在进行首次水下打桩时先进行小强度的“软启动”，以达驱赶海洋鱼类游离作业区，到达一定距离外的安全海域。

⑤施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

⑥对施工海域设置明显警示标志，告知施工周期，明示禁止进行捕捞活动的范围、时间。

### **(3) 对重要经济鱼类资源“三场一通道”影响的减缓措施**

进行海缆敷设和打桩施工时应尽量降低施工强度，尽可能减少悬浮物扩散范围，以减小悬浮扩散对长尾大眼鲷产卵场的影响，避开产卵盛期；如为保证海缆连续不间断铺设要求而无法完全避开，则在上述海域施工时应尽量降低施工强度，以减小悬浮扩散对产卵场渔业资源的损失影响，并做好相关渔业资源修复补偿工作。

### **(4) 鸟类保护措施**

施工时应应对风电场施工机械及人员进行严格管理，禁止捕杀鸟类。

合理安排施工时间，在候鸟迁徙季节如遇到候鸟大量迁徙经过风电场址时应适当降低施工强度，必要时停工等待；同时合理布置施工运输路线，减小工程施工对鸟类的影响。

施工过程中，严格控制光源使用量，减少使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，对光源进行遮蔽，减少漏光量，尤其是在有大雾或强逆风的夜晚，应该停止施工，减小施工对鸟类的影响。

### 8.1.3 运营期生态保护对策

#### (1) 减轻风机噪声对海洋生物资源的影响

风机噪声主要包括机械和结构噪声、空气动力噪声以及通风设备噪声。

机械噪声和结构噪声是风力发电机组的主要噪声源，这部分噪声是能够控制的，其主要途径是避免或减少撞击力、周期力和摩擦力，使齿轮和轴承保持良好的润滑条件。为减小机械部件的振动，可在接近力源的地方切断振动传递的途径，如以弹性连接代替刚性连接；或采取高阻尼材料吸收机械部件的振动能，以降低振动噪声。

风电机组的主要部件安装于机舱内部，这些部件产生的振动直接传递给机舱，引起机舱振动并辐射产生噪声。为降低风机噪声源强建议可以在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构辐射噪声，同时隔离机舱内部的噪声向外传播。

#### (2) 含油废弃物收集措施

对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴；废油储应存在专设的废油箱中，含油的连通软管和其他含油废物(揩布、废滤网)应统一存放在维修船上妥善保管。维护结束后，应将含油废物等一并送交具有工业固体废物（含废液）、危险化学品及危险废物处理资质的环保产业开发有限公司处理。

## 8.2 生态跟踪监测

本项目建设海上风电场，用海方式包括透水构筑物和海底电缆管道，根据资源生态影响分析结果，结合相关管理要求，提出生态跟踪监测方案，包括生态监测内容、站位、频次等主要内容。

### 8.2.1 施工期环境监测

施工期对海水水质、沉积物质量、海洋生物质量、海洋生态、水下噪声进行监测，如有问题应及时采取防治措施。建设单位应委托有资质的单位开展施工期环境监测。

本项目监测站位在本报告春季海洋环境现状调查站位中选取与项目距离较近的站位，包括海水水质监测站位 20 个，沉积物质量监测站位 12 个，海洋生态



监测站位 12 个，海洋生物质量监测站位 3 个。此外，布设水下噪声监测站位 9 个，与水下噪声现状调查站位保持一致。监测过程中可视情况做适当的调整。

### **(1) 海水水质**

为了解项目施工期悬浮物的污染状况，评价施工期水质是否满足海水水质标准，为施工期环境管理提供依据，对项目施工期水环境质量进行跟踪监测。

监测项目：水温、盐度、pH、悬浮物、COD、BOD<sub>5</sub>、DO、无机氮、活性磷酸盐、石油类、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、硒、镍、挥发性酚、硅酸盐。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### **(2) 沉积物质量**

监测项目：粒度、有机碳、pH、石油类、硫化物、总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### **(3) 海洋生物质量**

监测项目：总汞、铜、铅、锌、铬、镉、砷、石油烃等。

监测站位：共布设 3 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### **(4) 海洋生态**

监测项目：叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、渔业资源（鱼卵仔稚鱼、游泳生物）。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。由于本项目建设风电场，不涉及送出海缆敷设，风电场离岸距离远，风电场海域水深介于 45m~49m，因此，本项目不进行潮间带生物跟踪监测。

监测频率：1 次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### **(5) 水下噪声**

监测项目：噪声频带有效声压级、噪声声压谱级。

监测位置：在风电场施工区域布设 9 个噪声监测点，与现状调查站位保持一致，监测点位见表 8.2.1-2 和图 8.2.1-2。

监测频率：施工前监测 1 次，施工期高峰期监测一次（对打桩作业进行监测）。昼间噪声监测时段为晨 6:00~晚 10:00，夜间噪声监测时段为晚 10:00~晨 6:00，分别监测 15min（避开生物产卵期）。

施工期由受委托监测站根据工程施工进度按监测计划进行监测，若有异常情况应及时通知当地自然资源行政主管部门和当地生态环境局，以便采取相应的对策措施。

表 8.1.2-1 施工期海洋环境监测站位坐标表

站位	经度 E	纬度 N	调查项目
1	112°27'10.77"	21°20'59.79"	水质、沉积物、生物生态
2	112°10'33.42"	21°12'11.66"	水质
3	112°16'04.65"	21°12'06.76"	水质、沉积物、生物生态
4	112°22'19.48"	21°11'57.00"	水质
5	112°27'08.15"	21°11'50.58"	水质、沉积物、生物生态
6	112°01'22.76"	20°57'35.10"	水质、沉积物、生物生态
7	112°10'01.32"	20°57'18.19"	水质
8	112°17'25.90"	20°57'37.63"	水质、沉积物、生物生态、海洋生物质量
9	112°26'09.66"	20°58'04.97"	水质
10	112°11'51.27"	21°16'34.67"	水质、沉积物、生物生态
11	112°21'32.54"	21°16'24.08"	水质、沉积物、生物生态
12	112°27'10.66"	21°16'49.57"	水质
13	112°01'16.85"	21°12'17.50"	水质、沉积物、生物生态
14	112°13'22.03"	21°08'49.03"	水质
15	112°01'28.85"	21°05'06.56"	水质
16	112°10'41.22"	21°05'10.26"	水质、沉积物、生物生态
17	112°16'17.52"	21°05'12.83"	水质、沉积物、生物生态、海洋生物质量
18	112°21'46.06"	21°05'10.09"	水质
19	112°26'36.48"	21°05'18.54"	水质、沉积物、生物生态、海洋生物质量
20	112°13'28.42"	21°01'07.96"	水质、沉积物、生物生态



图 8.1.2-1 施工期海洋环境监测站位图

表 8.1.2-2 水下噪声监测站位坐标

站位	坐标		监测内容
	经度 E (° )	纬度 N (° )	
S1	112°21'58.05"	21°07'09.87"	噪声频带有效声压级、噪声声压谱级
S2	112°19'44.14"	21°07'10.29"	
S3	112°17'23.86"	21°07'09.83"	
S4	112°17'21.93"	21°04'36.76"	
S5	112°20'02.60"	21°04'26.87"	
S6	112°19'04.74"	21°05'47.06"	
S7	112°18'20.25"	21°03'32.34"	
S8	112°17'23.39"	21°00'44.25"	
S9	112°22'39.80"	21°05'01.33"	

## 图例

★ 水下噪声

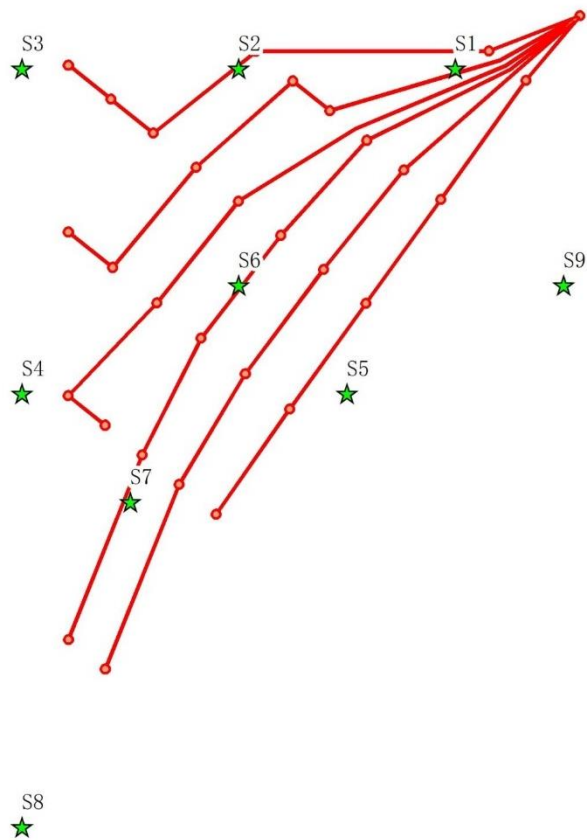


图 8.1.2-2 水下噪声监测站位图

## 8.2.2 运营期环境监测

运营期对海水水质、沉积物质量、海洋生物质量、海洋生态、地形地貌与冲淤、水下噪声、电磁环境进行监测，如有问题应及时采取防治措施。由本项目建设单位委托有资质的监测单位开展运营期生态跟踪监测。

本项目运营期监测点位与施工期一致，包括海水水质监测站位 20 个，沉积物质量监测站位 12 个，海洋生态监测站位 12 个，海洋生物质量监测站位 3 个，水下噪声监测站位 9 个。此外，布设电磁环境监测站位 9 个，与电磁环境现状调查站位保持一致。监测过程中可视情况做适当的调整。

### (1) 海水水质

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 20 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### (2) 沉积物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### (3) 海洋生物质量

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 3 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### (4) 海洋生态

监测项目：与施工期一致。

监测站位：共布设 12 个监测站位，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-1 和图 8.2.1-1。

监测频率：1次/年，春季或秋季（避开生物产卵期）。

### (5) 水下噪声

监测项目：与施工期一致。

监测位置：在风电场施工区域布设 9 个噪声监测点，监测点位与施工期一致，见表 8.2.1-2 和图 8.2.1-2。

监测频率：每年 1 次，低、中和额定风速输出时。

### (6) 电磁环境

监测项目：工频电场强度、工频磁感应强度。

监测位置：布设 9 个监测点，监测点位与现状调查站位一致，监测点位见表 8.2.2-1 和图 8.2.2-1。

监测频率：每年 1 次。

表 8.2.2-1 电磁环境监测站位坐标

监测站位	经度	纬度	监测内容
S1	112°21'58.05"	21°07'09.87"	工频电场强度、工频磁感应强度
S2	112°19'44.14"	21°07'10.29"	
S3	112°17'23.86"	21°07'09.83"	

监测站位	经度	纬度	监测内容
S4	112°17'21.93"	21°04'36.76"	
S5	112°20'02.60"	21°04'26.87"	
S6	112°19'04.74"	21°05'47.06"	
S7	112°18'20.25"	21°03'32.34"	
S8	112°17'23.39"	21°00'44.25"	
S9	112°22'39.80"	21°05'01.33"	

图例

★ 电磁辐射

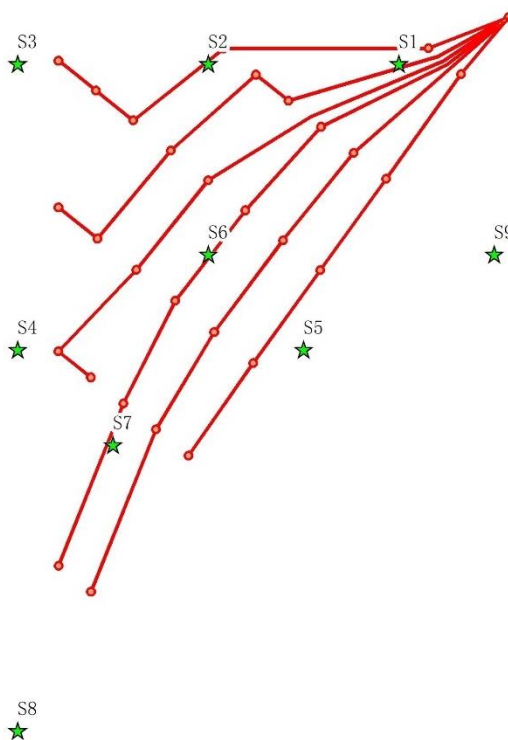


图 8.2.2-1 电磁环境监测站位图

### (7) 地形地貌与冲淤

监测项目：水深地形、风机墩柱局部冲刷监测（冲刷深度、冲刷坑直径和冲刷坑形状等参数，若有必要，应对风机墩柱局部冲刷进行加测。在风暴潮等恶劣气象条件过后对风机墩柱局部冲刷情况进行必要的加测）。

监测位置：以工程外扩边界 2km 的海域，测量比例按照 1: 5000；2km-15km 的海域，测量图比例尺按照 1: 10000。

监测时间及频次：工程运营期开展 1 次。

### (9) 鸟类

监测内容：工程建设区及邻近地区鸟类的种类组成、数量、分布以及迁徙、迁飞特征、穿越风电场、与风机发生撞击的情况等。

监测时间：在项目营运初期（5年），加强对区域鸟情、鸟类与风机撞击情况的观测研究。

监测频率：调查监测频次根据季节划分，在鸟类数量较集中的春秋季节迁徙期，可进行强化监测。

### 8.2.3 生态跟踪监测评价

根据生态跟踪监测结果，进行现状评价，将各类监测数据与本论证报告采用的现状调查数据进行比较，对是否突破相应指标合理变化范围进行评价。在监测完成后，开展趋势评价，结合生态本底调查数据和长期监测数据，就各类指标的变化趋势、特别是逐步恶化趋势作出评价。在完成现状评价和趋势评价后，应进行综合评价，综合生态本底调查数据、各监测要素的现状评价和趋势评价结论，对项目周边海域的海洋生态和环境存在的问题、潜在风险进行评估。

本项目应严格执行生态跟踪检测，根据实际情况可适度调整部分站位，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的落实和效果，根据评价结果，及时监督、处理和解决施工过程中出现的环境问题，保证项目环境保护措施得以全面落实并达到预期效果，并通过生态跟踪监测和评价，检验海洋生态修复措施的可行性和有效性。

## 8.3 主要生态问题

本项目用海方式为透水构筑物、海底电缆管道。根据前文资源生态影响预测分析结果，本项目建设可能产生的主要生态问题为海洋生物资源损失。

## 8.4 生态保护修复措施

针对项目可能产生的主要生态问题，参照《围填海工程生态建设技术指南（试行）》《围填海项目生态保护修复方案编制技术指南》和海洋生态保护修复的相关要求，本项目提出海洋生物资源恢复作为生态修复措施。以“损害什么，修复什么，损害多少，修复多少”为基本原则，修复的总体目标是着重进行海洋生物资源恢复。拟采取增殖放流，投放鱼苗总数量共 620 万尾，增殖放流可根据实际情况选择黑鲷、黄鳍鲷等。拟定每年休渔期进行增殖放流，分 2 年实施。增殖放流位置拟定于广海湾海域。





## 9 结论

### (1) 项目用海基本情况

本项目位于江门市南面海域，场址面积约 47km<sup>2</sup>，风电场场址水深在 45m~49m 之间，距离陆地最近距离约 65km，规划装机容量为 400MW，拟建设 29 台 14MW 固定式风电机组、6 回 66kV 集电海底电缆。

按《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》（自然资发〔2023〕234 号），本项目海域使用类型为工矿通信用海（一级类）中的可再生能源用海（二级类）；按《海域使用分类》（HY/T 123 2009），本项目海域使用类型为工业用海（一级类）中的电力工业用海（二级类），用海方式为构筑物（一级方式）中的透水构筑物（二级方式）和其他方式（一级方式）中的海底电缆管道（二级方式），项目申请用海面积为 178.7534 公顷，其中透水构筑物（风机）面积为 48.4967 公顷，海底电缆管道（66kV 集电海缆）用海面积为 130.2567 公顷。本项目风机和 66kV 集电海缆距离最近的陆地约 65km，不占用岸线；申请海域使用期限为 27 年。

### (2) 项目用海必要性结论

本项目建设对提高可再生能源在能源消费结构比例能起到积极的推动作用，有利于减少土地和岸线资源的占用。同时，本地区具有开发海上风力发电有利条件和资源优势，且社会效益、环保效益显著，具有一定的示范作用。所以无论从海上风电优于陆上风电的特点，还是本项目所处的海域条件及建设特点，本项目用海，且占用该海域都是必要的。

### (3) 项目用海资源生态影响分析结论

本项目涉海工程主要有风机基座与海底电缆工程，海底电缆埋设于海床，施工完成后，海床可在波浪潮流共同作用下逐渐恢复到原状，因此不对潮流动力产生影响，影响潮流主要是风机基座。由于流向与风机排列方向基本一致，涨急时刻表现为桩基后西北方向（下游）流速减少，落急时刻表现为桩基后东南方向（下游）流速减少，模拟结果显示，风电场外 5.0km 外流场可基本可保持原来状态。

风电场塔基建成后，破坏了原来的水流平衡，水流在墩柱周围形成马蹄形漩涡区，不断地进行横向、竖向和前后摆动，剧烈淘刷墩柱迎水面和周围泥沙，形成局部冲刷坑。整体冲淤情况来看，桩基局部为冲刷，冲刷出来的泥沙落淤到桩

基上下游，冲淤范围仅局限于风电桩基群的附近海区，桩基的最大可能冲刷深度和冲刷直径分别为 2.65m 和 15.9m，风电场工程后最大淤积幅度为 0.15m/a，风电场外冲淤基本不受本工程的影响。

风机桩基施工、电缆沟开挖对渔业资源的影响主要表现在对施工区附近高浓度悬浮物水域中的海洋生物的仔幼体可能造成的伤害。根据渔业水质标准，悬浮物浓度增量大于 10mg/L，可能对鱼类生长造成影响。该水域范围内，部分鱼卵、仔鱼及游泳生物因高浓度的含沙量而发生死亡。项目施工将造成的底层大于 10mg/L 浓度区的包络线面积为 67.550km<sup>2</sup>，本工程桩基础建设将造成底栖生物直接损失 2.07kg，定位架施工将造成底栖生物直接损失 36.76kg，海缆施工将造成底栖生物直接损失 1278.39kg。项目施工造成渔业资源直接损失量为游泳生物 0.257t、鱼卵 2.40×10<sup>8</sup> 粒、仔鱼 7.48×10<sup>7</sup> 尾。渔业资源生物量损失随着施工的结束，慢慢可以得到恢复，因此施工对渔业资源的影响是暂时的、可逆的。

施工期间，由于人类活动、交通运输工具与施工机械作业产生的噪声、灯光等会对鸟类产生一定的影响，但施工期的影响是暂时、可逆的。工程运行期对过境鸟类可能产生的直接影响主要是光影响、风机(风叶)与鸟类发生撞击风险等，但鸟类有趋利避害的自然本能，因此风险有限。

#### (4) 海域开发利用协调分析结论

本项目风电场周边海域开发利用活动主要为海上风电项目、航路等。根据本报告第 5 章海域开发利用协调分析结论，本项目利益相关者为  ，协调责任部门为当地渔业主管部门以及海事主管部门。本项目在实施前，必须妥善安排施工计划，采取合理有效的防护措施，尽可能避免产生利益冲突；在实施过程中，如果发生利益冲突，应该立即停工，等待利益冲突得到妥善解决后方可复工。

本项目用海属经营性用海，按国家有关规定交纳海域使用金，不存在损害国家权益的问题；根据本阶段工作，项目所在海域暂时无军事设施，但可能存在军方电缆。目前本项目尚未取得军方书面意见，建议业主积极协调军方意见，取得书面意见后，用海可行。

#### (5) 国土空间规划符合性分析结论

根据《广东省海洋功能区划（2011-2020 年）》，本项目位于湛江-珠海近海农

渔业区，项目建设基本不会对所在海域及附近海域海洋功能区主导功能的发挥产生影响，项目建成后将促进绿色能源产业的发展，利于环境保护，并带动周边地区的经济发展。项目建设符合国家产业政策，符合《全国国土规划纲要（2016-2030年）》《广东省国土空间规划（2021-2035年）》《广东省国土空间生态修复规划（2021-2035年）》《江门市国土空间总体规划（2020-2035年）》（草案）、生态保护红线的管控要求。

项目与《“十四五”现代能源体系规划》《海上风电开发建设管理办法》《广东能源发展“十四五”规划》《广东省海上风电发展规划（2017-2030年）（修编）》等能源行业规划的要求相符。项目符合《2030年前碳达峰行动方案》《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《广东省自然资源保护与开发“十四五”规划》《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》《广东省海洋经济发展“十四五”规划》《广东省海洋生态环境保护“十四五”规划》，以及《江门市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》等各级相关规划的相关要求。

#### **（6）项目用海合理性分析结论**

依据风电场址规划，根据风能资源分布概况，综合考虑系统接入以及其他海洋水文条件优劣，本项目选址与相关规划、生态环境保护、军事等不相冲突，与对外交通运输条件、地质条件等较适宜，项目用海选址是合理的。

本项目共建设29台风机，规划装机容量400MW，风机机组布置经过了多次优化，在满足风电场布置技术要求的同时，充分考虑了技术可行性及经济性等方面。项目申请用海面积为178.7534公顷，其中透水构筑物（风机）面积为48.4967公顷，海底电缆管道（66kV集电海缆）用海面积为130.2567公顷。项目平面布置方案经过了多次优化，充分考虑到了周边开发现状的需求，用海面积可以满足项目用海需求，符合相关行业的设计标准和规范，符合原国家海洋局关于海上风电用海控制指标要求，不存在减少用海面积的可能性，用海面积合理。

本项目用海方式分别为透水构筑物、海底电缆管道，用海方式基本不改变海域自然属性，项目用海方式合理。

本工程风机的设计服务年限均为25年，工程建设期为16个月，拟申请使用海域27年，符合《中华人民共和国海域使用管理法》的规定，用海期限合理。

### **(7) 项目用海可行性分析结论**

综上所述，中广核江门川岛一海上风电项目用海是必要的，与周边开发利用活动是可协调的，与所在国土空间规划分区、海洋功能区划的海域使用管理和环境保护要求均相符，与生态红线管理要求相符合。项目选址、用海方式、用海平面布置、用海面积和用海期限是合理的。在严格按照本报告书中提出的要求，做好海域环境的保护工作的前提下，从海域使用角度出发，本项目用海是可行的。